PROGRAMMA

DELL' OSSERVATORIO ED ARCHIVIO GEODINAMICO

PRESSO IL R. COMITATO GEOLOGICO D'ITALIA

CON ISTRUZIONI PER GLI OSSERVATORII
E DESCRIZIONI D'ISTRUMENTI

REDATTO

DAL CAV. PROF. MICHELE STEFANO DE ROSSI

ROMA
DALLA TIPOGRAFIA DELLA PACE
Piazza della Pace 35.
1883

PROGRAMMA

DELL'OSSERVATORIO ED ARCHIVIO CENTRALE GEODINAMICO

presso il R. Comitato Geologico d'Italia

PREFAZIONE

Chi ha seguito nelle pagine del Bullettino del Vulcanismo italiano dal 1874 in poi ovvero nella recente mia opera *Meteorologia endogena* lo svolgersi in Italia degli studi sull' attività interna terrestre, conosce tutto ciò che ha preceduto e cagionato l'interesse preso a tali studi dal R. Comitato Geologico italiano.

Sa pure come nel passato anno 1882 il detto R. Comitato avesse ottenuto dal Ministero di Agricoltura e Commercio la facoltà di venire in aiuto efficace ma provvisorio ai nostri lavori, aggregandoli a quelli del detto Comitato stesso. Nella prefazione del Bullettino del passato anno si spiegava tutto ciò unitamente al riassunto della storia dei nuovi studi, e si concludeva col riferire che il Ministero si augurava di poter in seguito meglio corrispondere ai desideri del R. Comitato, fondando definitivamente un Osservatorio ed

un archivio centrale per le ricerche sui fenomeni interni del suolo nella residenza stabile allora non allestita dell'ufficio geologico.

Questo desiderio col 1883 è divenuto un fatto ed è già eretto in Roma nell'edeficio in Via s. Susanna detto il Museo della Vittoria ***l'Osservatorio ed archivio centrale geodinamico presso il R. Comitato Geologico d'Italia.***

Per quanto sia già noto ai lettori del Bullettino ed ai cultori italiani degli studi geologici e meteorologici lo scopo di questa novella istituzione, che può dirsi un *servizio di Meteorologia endogena,* è necessario promulgarne un programma e fornire qui riunite alcune notizie ed istruzioni da servire agli istituti pubblici italiani e stranieri ed ai privati che desiderassero porsi in relazione con questo nuovo centro di vita scientifica e cooperare a renderla utile e benefica.

I primi fascicoli adunque del nostro Bullettino di quest'anno sono destinati ad annunziare ed inaugurare la definitiva novella istituzione e contenerne il programma. Il quale si pubblica anche sotto forma di opuscolo separato, onde distribuirlo al di fuori del ceto dei lettori del nostro periodico. Costoro tollereranno perciò alcune notizie loro già note delle quali non potremo evitare la ripetizione per comodità massime degli stranieri, presso i quali i nostri lavori non sono oggidì abbastanza conosciuti.

Michele Stefano de Rossi
Direttore dell'osservatorio ed archivio centrale geodinamico.

I.

Scopo, utilità e forma del servizio di Meteorologia endogena organizzato nell'Osservatorio ed Archivio centrale geodinamico.

Per parlare dello scopo colla massima brevità e precisione ed insieme rendere ragione del titolo di *Meteorologia endogena* adottato nella nostra materia, debbo ripetere le poche parole colle quali spiegai questo medesimo concetto al Congresso dell'Associazione meteorologica italiana in Torino nel 1880.

« Il nome di *meteorologia endogena* che ho dato allo studio di cui vi parlo, con due vecchie parole scientifiche esprime un concetto nuovo, e perciò vi dice abbastanza che si tratta di materia vecchia nel soggetto e nuova solamente nel punto di vista dal quale la rimiriamo e nel metodo di praticarne l'analisi. Infatti non può sembrare strano che si dicano meteore endogene i fenomeni tutti manifestanti le forze interne del pianeta. Ma poichè la parola meteorologia ha avuto dall'uso un significato speciale ad indicare le fasi di variazione e le vicende dei fenomeni dell'atmosfera, l'applicazione della medesima parola al complesso dei fenomeni endogeni significa che noi ricerchiamo in essi se vi è una simile forma meteorologica, ossia una serie di variazioni percorrenti le fasi di massimo e di minimo. Oltre a ciò diviene propria la parola meteorologia applicata alla ricerca dei fenomeni endogeni considerando che si ricerca se vi è e quale sia il nesso fra tali fenomeni interni con gli esterni dell'atmosfera. Noi ricerchiamo ora cioè se la meteorologia atmosferica dovesse annoverare fra i misteriosi suoi fattori anche i fenomeni finora creduti invisibili delle forze sotterranee. In ultimo poi il nostro studio è diretto a verificare se e quanto sia giusto il concetto formolato dall'illustre Prof. Stoppani intorno alla Endodinamica terrestre, considerandola un complesso di fenomeni procedenti da forze, che non sono nè spente nè in via di estinzione, ma che si riproducono come l'attività di un quasi organismo. »

La verità di questo concetto ed insieme dell'esistenza di vere fasi di variazioni in forma meteorologica nella manifestazione continuata della attività interna terrestre, fu da me ampiamente dimostrata nella citata mia opera *La meteorologia endogena*, e ad essa rinvio chi desiderasse approfondire ed esaminare il risultato di un decennio di osservazioni e studi quasi socialmente fatti da me col Bertelli, col Galli, col Malvasia, col Palmieri, col Denza e tanti altri. Dei quali risultati però daremo in appresso un cenno riassuntivo. Qui soltanto ricorderò che essi giustificano ampiamente la opportunità di applicare il metodo meteorologico ossia l'organizzazione degli osservatorii speciali e delle osservazioni continue sui fenomeni endogeni, e per conseguenza di stabilire un centro autorevole per cotesta forma di studi in un osservatorio ed archivio centrale istituito presso il corpo scientifico che sopra ogni altro vi deve essere interessato, cioè il R. Comitato Geologico.

Ma non mancano fra i dotti coloro che per non aver ripetuto le nostre esperienze nè esaminato abbastanza i lavori pubblicati dal Bertelli, da me e da quanti ci occupiamo di questo ramo geologico-meteorologico, dubitano della realtà dei risultati suddetti e perciò della opportunitá del metodo intrapreso negli studi. Costoro temono che specialmente nella sismologia noi siamo tratti in inganno dalla delicatezza degli apparecchi che adoperiamo, e quindi crediamo di osservare una serie di vibrazioni o burrasche sismiche, le quali in realtà non esistono e sono soltanto accidentali e locali commozioni fisiche e meccaniche. A costoro dunque potrebbe parere non dimostrata l' utilità del *servizio* che vogliamo chiamare di *Meteorologia endogena.*

Piacemi prevenire questo dubbio col far considerare che anche volendo sospendere il giudizio sui risultati ottenuti già in Italia nel decennio decorso, l' istituzione dell'Osservatorio ed archivio centrale geodinamico è cosa utilissima e manifestamente vagheggiata dai dotti per il progresso della geologia dinamica.

Posta anche da parte la sismologia e sismografia propriamente detta, chi potrà negare che l'organizzazione di osser-

vazioni continue e regolari sopra tutti i fenomeni d'indole eruttiva cioè sulle mofete, sulle salse, sui geiser, nelle sorgenti termo-minerali, possa essere un compito inutile che si propone la nuova istituzione? Sarebbe dunque a torto applaudita all'estero e in Italia la fondazione dell'Osservatorio Vesuviano del Palmieri, e la decretata e quasi già compita dell'Osservatorio Etneo del Silvestri? In queste due istituzioni la sola cosa che si lamenta é la poca estensione del lavoro che per mancanza di maggiori mezzi sono costretti a limitare al disotto del bisognevole e dell'esibito dal campo che esplorano. L'estendere adunque e completare il più possibile l'osservazione dei fenomeni eruttivi sarà un grande ed ubertosissimo compito del nuovo servizio di Meteorologia endogena.

Tutto ciò poi che si riferisce alla circolazione sotterranea delle acque, ai problemi delle maree, alle temperature parimenti sotterranee, alle oscillazioni lente dei continenti, è di evidente e palpabile utilità scientifica e materiale. Infatti questi sono problemi intorno ai quali vediamo spesso perfino proposti premi dalle Accademie straniere, perchè hanno molteplici attinenze colle industrie agricole e minerarie, e coi bisogni delle popolazioni.

Intorno a questi fenomeni diversi geodinamici ognuno vede che non solo l'osservazione regolare odierna può essere interessantissima, ma eziandio la raccolta delle notizie e dei dati storici. Dunque la formazione di un archivio geodinamico per le osservazioni contemporanee e per i fatti accertati del passato è un altro compito importante e del tutto indipendente dai risultati della moderna sismologia e microsismologia italiana.

Ma venendo pure a questa parte della geodinamica cioè ai terremoti senza guardare ai lavori ed alle idee dei fondatori odierni di questo studio in Italia, esaminiamo alquanto ciò che ne hanno detto e pensato gli scienziati di tutti i tempi e perfino i sommi dei nostri giorni. Chiunque svolga l'estesissima bibliografia sismica, troverà bene spesso gli autori che vagheggiano l'idea di osservazioni continue sui terremoti e segnatamente nella forma meteorologica. Per citarne un solo esempio

si esaminino le pubblicazioni fatte ad occasione del terremoto del 1703. In quel tempo in Roma nacque e forse si tentò la stessa impresa nostra odierna (1). Ma lasciando gli antichi e gli antichissimi, intorno ai quali basta percorrere i lavori del Favaro (2) per persuadersi che gli uni e gli altri annettevano grande importanza alle osservazioni continue sui fenomeni endogeni, consultiamo i moderni. Il Mallet in Inghilterra nei suoi pregiatissimi scritti sui terremoti fin dal 1854 deplora che non si pensi alla fondazione di osservatori speciali e di un ufficio centrale per lo studio dei terremoti, intorno ai quali egli dice esser questo l'unico mezzo per alzare il velo dei misteri nei quali essi sono tuttora avvolti. (3) Nel 1871 all'Accademia di Bruxelles, il Mailly ricordava e rammentava le idee di Mallet (4). Anche in Italia un modesto ma intelligente amatore dei nostri studi ci precedette nel concepire l'idea delle osservazioni continue almeno nella parte sismologica. Si vegga la relazione del Cappa (5) sui movimenti del suolo avvenuti in Aquila nel 1703. In quella relazione è decisamente formolata l'idea d'uno e più osservatori non solo sismografici ma eziandio meteorologici coll'intento di formare un archivio statistico geodinamico e meteorologico. Il Cappa modestamente conchiude *et haec olim meminisse iuvabit.*

Se poi per ciò che spetta ai terremoti rimiriamo la importanza della fondazione d'un archivio di notizie, la troviamo già sanzionata dagli sforzi dei dotti sia privati, sia coadiuvati da pubbliche e scientifiche istituzioni. Chi non conosce gli studi ed i catalogi tentati dall'Arago in questa materia? Dopo di questi il Perrey in Francia ed il Mallet in Inghilterra si diedero alla formazione di primi abbozzi di catalogi e di ar–

(1) V. Bull. del Vulc. Anno IX pag. 13.

(2) Intorno ai mezzi usati dagli antichi per attenuare le disastrose conseguenze dei terremoti.

(3) Transaction 1852-1854, 1858.

(4) Bull. de l'Académie de Bruxelles, T. XXII 1871

(5) Sul terremoto che ai 2 Febbraio 1703 rovinò Aquila. Aquila 1871.

chivi tanto dei fenomeni sismici stessi, quanto della loro bibliografia scientifica e descrittiva. Il Mallet fu coadiuvato dalla Associazione Brittannica per l'avanzamento delle scienze; il Perrey dalla Accademia Reale di Bruxelles e fu sussidiato dall'Istituto di Francia. I lavori ed i catalogi sismici pubblicati da costoro sono i primi abbozzi di questo genere di archivio sui quali però ed i loro autori stessi ed altri scienziati hanno già lavorato con grande utilità della scienza. Citerò il Boccardo in Italia e lo Schmidt in Atene. In Austria il Fuchs continua il lavoro dei catalogi avviati dal Mallet e dal Perrey e ne pubblica ogni anno la serie e spesso opere pregevolissime di analisi e discussioni. Non parlo dell'archivio privato da me impreso a compilare, fin dal 1872 e che divenne ora il primo fondo dell'archivio geodinamico presso il Comitato Geologico, perchè è appunto dell'utilità di questo che sto ragionando. Esso è tuttora inedito ed è dell'indole sua di rimaner tale ancora per molto tempo come meglio si vedrà in appresso. (1)

In questi giorni medesimi in Italia vide la luce un privato pregevolissimo lavoro del Mercalli, nel quale questi ha cercato di rifondere, riformare ed arricchire i catalogi anteriori fatti dagli stranieri sui fenomeni sismici ed eruttivi avvenuti in Italia. (2) Taccio per non esser lungo l'enumerazione di catalogi sismici e meteorici locali e direi quasi provinciali, che l'esigenza dei tempi e l'importanza degli studi storico-municipali e statistici ha fatto comparire testè qua e là in Italia. Finalmente voglio ricordare un'altro fatto italiano, che onora la città di Napoli ed è conseguenza esso pure dei bisogni scientifici del nostro tempo. Il Club Alpino di Napoli ha già da qualche tempo fondato nella sua residenza una biblioteca speciale Vesuviana, sismica e vulcanica ossia una biblioteca geodinamica. Testè essendo andata in vendita la ricca collezione di libri fatta in questo genere dal già citato Perrey, il detto Club non

(1) *Le fratture vulcaniche laziali.* Atti della P. Acc. de' N. Lincei Anno XXVI sessione II del 19 Gennaio 1873.

(2) Mercalli-Vulcani e Fenomeni Vulcanici in Italia. Milano Vallardi 1883.

badò a spese e fece tornare in Italia d'onde per la massima parte era uscita quella biblioteca. Ora la collezione del Club alpino di Napoli aumenta giornalmente; e può dirsi una miniera preparata per gli studi geodinamici, che ora in Italia tanto progrediscono. Tutto ciò dimostra quanto opportuna e direi quasi necessaria sia la fondazione di un archivio centrale geodinamico sostenuto da un autorevole corpo scientifico governativo qual'è il Comitato Geologico. Tutti converranno che toccava all'Italia d'aver il merito di una istituzione solida di questo genere. I suoi vulcani attivi e semiattivi, spenti e semispenti, la storia dei suoi disastri sismici ed eruttivi, la sua ricchezza di manifestazioni secondarie del vulcanismo e la copia dei fatti idraulici e geologici dipendenti dai fenomeni endogeni costituiscono nella geologia italiana un campo speciale ed oltremodo ricco nella sezione geodinamica. Potremo dire che l'Italia come è il paese della storia, dei monumenti, così lo è pure dell'attività terrestre. Toccava adunque all'istituto geologico italiano prima d'ogni altro il fondare fra i suoi gabinetti, laboratorii ed archivi lo speciale gabinetto ed archivio geodinamico. Se poi a tutto ciò aggiungiamo la considerazione dell'essere spontaneamente sorta in Italia da un decennio una società di studiosi che hanno dato alla geodinamica ed in particolare alla sismologia un impulso del tutto nuovo; e se poniamo mente alle scoperte di leggi e fatti importantissimi che meritano per lo meno un esame maturo ed esperienze speciali per confermarne od escluderne i dati, potremo accertarci dell'esser divenuta veramente necessaria presso il R. Comitato Geologico italiano la fondazione del *servizio di Meteorologia endogena*.

Data adunque l'evidenza della utilità di questo servizio, ecco la forma nella quale viene organizzato l'osservatorio, la corrispondenza e l'archivio centrale.

OSSERVATORIO GEODINAMICO CORRISPONDENZA E PUBBLICAZIONI.

Nell'Osservatorio stabilito in luogo opportuno per solidità e per indipendenza dai moti e romori delle vie, avente comunicazione con due livelli di sotterranei fino alla profondità di 11

o 12 metri sotterra, sono già collocati e vieppiù si collocheranno in seguito una varietà di istrumenti sismografici. Questi istrumenti appartengono alla triplice categoria degli avvisatori sismici, degli strumenti a visione diretta, e degli strumenti registratori automatici. Ma di ciò meglio si parlerà congiuntamente alle istruzioni promesse.

Non mancano gli istrumenti meteorologici principali che possono servire pel confronto dei fenomeni atmosferici, massime per ciò che riguarda la pressione barometrica e la forza del vento.

Il sotterraneo è utilizzato principalmente per la collocazione di registratori sismografici e per l'ascoltazione dei suoni endogeni rivelati dai microfoni sismici.

Nel sotterraneo stesso verranno stabilite quanto prima osservazioni sulle variazioni dei livelli delle acque sicuri di non essere disturbati in ciò dalle piene del Tevere, essendo la *Vittoria* collocata sul punto più alto del colle Viminale il più elevato del settimonzio romano.

Parimenti il sotterraneo verrà utilizzato per le osservazioni sulla temperatura del suolo e sulle correnti elettriche telluriche.

Col tempo si ha in animo di collegare per mezzo dei fili elettrici direttamente coll'Osservatorio i vari centri d'attività endogena tuttora attivi della campagna romana specialmente la vicina solfatara delle acque Albule presso Tivoli. Così le indicazioni microfoniche, sismografiche ed altre verranno trasmesse automaticamente ai registratori dell'Osservatorio.

Le osservazioni fatte con assiduità e diligenza sempre meglio forniranno i dati che già da due anni giornalmente per iniziativa del Prof. Pietro Tacchini vengono pubblicati nel bullettino dell'Ufficio centrale di meteorologia, sotto il titolo di *Attività endogena.*

Nulla occorre dire della corrispondenza con gli osservatori sia meteorici sia sismici d'altre parti d'Italia, la quale ora diviene in grazia del nuovo centro sempre più regolare ed attiva. Lo stesso dicasi della corrispondenza che si viene sempre meglio ordinando con tutti i luoghi nei quali esistono at-

tività interne e stabilimenti balneari sulle acque termominerali da sorvegliare.

Così il Bullettino del Vulcanismo Italiano da me fondato nel 1874 e che ora è al suo decimo anno, verrà meglio da me redatto ed arrichito di notizie, rimanendone però e la proprietà letteraria e la responsabilità scientifica tutta nella persona del suo fondatore e redattore.

ARCHIVIO GEODINAMICO.

L'archivio centrale Geodinamico che ha ricevuto come si è detto per primo fondo il materiale da me raccolto in undici anni, non occorre dimostrare quanto svolgimento sarà per prendere nelle nuove condizioni.

I. L'Archivio contiene 1°) le schede in ordine cronologico: 2°)le schede in ordine topografico: 3°) le schede di bibliografia.

1.° Le schede cronologiche formano il fondo delle notizie raccolte sopra schede corrispondenti ciascuna ad un giorno. Se ne cavano poi le seguenti parti ordinate.

a) Carte topografiche meteorologiche colla aggiunta grafica delle medie giornaliere microsismiche, dei terremoti e dei massimi eruttivi, delle perturbazioni magnetiche.

b) Specchi sinottici comparativi delle osservazioni giornaliere ed orarie degli osservatorî diversi.

c) Carte topografiche con segni convenzionali relativi all'intensità, estensione e linee di propagazione dei maggiori terremoti dal 1873 in poi.

d) Quadri grafici statistici annuali dei fenomeni endogeni col confronto di altri specialmente meteorologici.

2.° Le schede in ordine topografico sono classificate secondo i bacini idrografici; e dentro di essi le singole schede in ordine alfabetico prendono nome dal fiume principale che ha foce nel mare; e nelle cartelle prendono l'ordine alfabetico del nome del bacino. Ciascun bacino ha la sua speciale carta topografica.

3.° Le schede bibliografiche sono divise in tre gruppi:

a) Le spettanti a libri stampati anteriormente al 1871:

b) Le posteriori al 1871:

c) I manoscritti.

II Allegati 1.°) I libri, che sono il primo allegato naturale, non possono far parte dell'archivio. Essi esistono nelle Biblioteche. Certamente sarebbe desiderabile che presso questo nuovo centro di studi esistesse una collezioue speciale di libri simile alla collezione di cui sopra si è parlato e fondata in Napoli dal Club Alpino. Ma non tutto può esser fatto in un momento. Del resto una piccola collezione dei libri più necessari a complemento dell'archivio come i cataloghi del Mallet, del Perrey ed i principali lavori sul Vesuvio o descrizioni rinomate di celebri terremoti esistono già e si procureranno vieppiù nel nostro archivio.

2.°) I manoscritti e le raccolte di notizie ricavate dai giornali formano il primo gruppo degli allegati che si conservano con l'Archivio.

3.°) La corrispondenza forma il secondo gruppo naturale degli allegati specialmente per le notizie contemporanee e per il lavoro degli Osservatorii.

Dopo tuttociò che si è spiegato finora intorno all'organizzazione del nuovo *servizio di meteorologia endogena,* ed intorno all'Osservatorio ed Archivio geodinamico e specialmente intorno alla parte sismologica e topografica dei materiali raccolti e da raccogliersi, è facile vedere come uno dei principali lavori risultanti da tutto ciò debba esser la compilazione di una carta sismologica ed endodinamica italiana. Questo appunto è uno dei lavori da me intrapresi e che ho arrecato quale è ora a far parte del nuovo archivio, augurandomi di poterlo ivi far progredire a gran passi.

Il concetto e la descrizione di questo lavoro grafico esige uno speciale svolgimento e mi porge il destro di entrare nella esposizione veramente scientifica del mio programma di studi geodinamici, che ora diviene il programma della nuova istituzione: debbo perciò a questa trattazione dedicare un capitolo speciale. In esso trattando della carta sismica avrò pure la necessità di citare sommariamente i primi risultati dei nostri studi italiani, dei quali perciò debbo premettere un cenno per co-

modo sopratutto degli stranieri senza però pretendere che sieno parte essenziale di questo programma. Qui a conclusione di ciò che spetta più strettamente alla organizzazione specialmente della corrispondenza, debbo soltanto ripetere ciò che dissi nella fine della prefazione al bullettino dello scorso anno, quando annunziava il primo passo fatto dal R. Comitato geologico per assicurare la vita al nuovo ramo di studi geodinamici in Italia.

« Certamente tutte le istituzioni pubbliche e tutti i privati cultori della scienza, che finora mi coadiuvarono nell'organizzare e consolidare i nuovi studî, vorranno con assai maggior lena e fiducia continuare nell'opera intrapresa, ora che essa entra in un periodo di tanto più autorevole attività. Per questa medesima ragione egli è evidente che moltissimi altri studiosi ed istituti si troveranno incoraggiti ad associarsi ed a contribuire alla nobile impresa. Quindi non esito di invitare i geologi, i fisici tutti, specialmente i direttori di osservatori meteorologici, i proprietari ed ingegneri sia di miniere, sia di opifici industriali dipendenti da fenomeni del suolo, i proprietari e direttori di stabilimenti balneari termali e minerali, gli addetti alla cura delle acque, di porsi in comunicazione con questo nuovo centro scientifico, nel quale sta per sorgere un archivio di notizie e di osservazioni del più alto interesse scientifico, umanitario ed industriale ».

II.

Risultati ottenuti col nuovo metodo di studi che appelliamo di meteorologia endogena.

Quantunque abbia mostrato che l'impianto dell'osservatorio ed archivio geodinamico debba considerarsi come una istituzione utile indipendentemente dai risultati che pretendiamo d'aver ottenuti nello svolgimento dei nuovi studi, poichè uno degli scopi del programma che presentiamo è appunto il verificare la verità delle nuove scoperte, è indispensabile far qui

un cenno delle medesime. Certamente i lettori assidui del Bullettino e coloro che hanno studiato la mia opera di *meteorologia endogena* troveranno qui cose loro già note, ma come ho detto nella prefazione, in questo scritto non si può fare a meno di esporre lo stato odierno delle cognizioni. Per esser breve e non esser tentato di estendermi al di là di ciò che è stato già dimostrato nella citata mia opera, riproduco qui il finale capitolo della medesima, che ne è il riassunto e la rivista appunto dei dati forniti da essa per la fisica terrestre e per la geologia. La lettura di questo sommario ecciterà spero la curiosità di leggere le dimostrazioni e le analisi dei fatti nell'opera originale.

Nell'opera adunque di meteorologia endogena prendemmo le mosse dal concetto formulato dallo Stoppani circa la endodinamica terrestre, considerando che l'attività endogena tellurica nè è spenta nè è in via di estinzione, ma è una forza che si consuma e si riproduce continuamente. Di qui sorgeva per conseguenza l'altro concetto che le grandi manifestazioni dei fenomeni endogeni, come sono principalmente i forti terremoti e le grandi eruzioni vulcaniche, non sono altro che massimi di una attività variante continuamente dentro limiti non apparisceuti e forse talvolta perfino impercettibili coi soli sensi. Quindi la necessità di osservazioni non solo ordinate con metodo scientifico, estese vastamente da per tutto e diuturne, ma eziandio coadiuvate da istrumenti e da mezzi fisici capaci di rivelare le variazioni inapprezzabili coi soli sensi.

La necessità dell'ordine portò la necessità della classificazione ossia la divisione dei fenomeni interni in quattro gruppi da prendere di mira separatamente e cumulativamente: cioè le variazioni dell'elettricità e del magnetismo terrestre, i fenomeni presentati dalla circolazione sotterranea delle acque, i fenomeni d'ordine eruttivo, le commozioni sismiche del suolo.

Se richiamiamo alla mente tutte le indagini istituite sopra ciascuno dei suddetti quattro gruppi noi ricorderemo che pur riconoscendo in ognuno la esistenza di fasi alternanti continuamente dal massimo al minimo di attività, il nostro esame fu sempre qualitativo, cronologico, e topografico per ciascun genere di fenomeni, ossia analizzammo i fatti nelle forme, nel

tempo e nel luogo di loro manifestazione. Cotesto triplice esame ce ne ha svolto eziandio le relazioni reciproche fra loro e con gli altri fenomeni costituenti l'intiera fisica del globo.

Vedemmo così dapprima che le variazioni elettromagnetiche non solo accompagnano i noti fenomeni endogeni, sismici e vulcanici, ma possono talvolta farne le veci e rilevare esse sole una fase d'interna attività. Lo stesso vedemmo avvenire nella circolazione sotterranea delle acque e perfino in alcune specie di mutazioni di livello dei laghi e dei pozzi. Questi due gruppi di fenomeni niuno finora avea pensato a considerarli come rivelatori dello stato dinamico interno del globo, quantunque più o meno fossero noti alcuni fatti di perturbazioni da essi subite in un coi fenomeni vulcanici. Ecco adunque un primo passo della nostra meteorologia endogena che trova due campi vergini da esplorare. Ma considerando i fenomeni delle acque noi vedemmo in esse apparire sistematicamente anche i minimi segni della variabile attività eruttiva tellurica, la cui manifestazione era fin ora creduta ed apprezzata quasi esclusivamente nei vulcani e pseudovulcani. Noi trovammo invece tale attività eruttiva della terra esser sparsa dovunque nell' intiero globo terraqueo ed esserne apprezzabili le mutazioni da una forma microscopica ed impercettibile che chiamammo perciò *microeruzione* fino alla forma catastrofale delle eruzioni dette nei veri vulcani felicemente assai dallo Stoppani: *Fasi pliniane*. Ci è risultato così dall'analisi sperimentale essere un fenomeno quasi universale la formazione e la tensione dei gas diversi e del vapor d'acqua in tutta la massa degli strati terrestri. Vedemmo perfino nel grande predominio dell'acido carbonico emanante dalla terra una funzione importante nella economia del globo dei fenomeni eruttivi e sismici; ossia una fonte di primo ordine per il rifornimento del detto acido nell'atmosfera. Sotto questo punto di vista adunque talvolta le stesse nebbie, gli odori improvvisi nell' aria, i gas che più spesso di quel che si crede vengono sprigionati dalle acque anche sorgive massime sotterranee, o escono direttamente dalle pareti delle grotte; ed in generale le alterazioni e gli intorbidamenti delle acque potabili e le loro temperature, sono altrettanti elementi ai quali fi-

nora non si annetteva importanza veruna nè sistematicamente erano ricercati, ma che ora stabilimmo rivelare il complesso ed il fatto capitale delle microeruzioni terrestri.

Ma la suddetta triplice analisi delle forme, della serie e dei luoghi ci fu larghissima di risultati nel quarto gruppo dei fenomeni endogeni cioè nei terremoti. Anche di questo fenomeno potemmo dimostrare fino alla più chiara evidenza che la forma dell'apparire quantunque molteplice per molti capi era però massimamente variabile nella intensità e nella frequenza. Talchè, come le eruzioni ed assai più di queste, i terremoti dimostrammo variare dal grado d'impercettibile vibrazione detta perciò ora moto microsismico, fino al grado disastroso delle grandissime commozioni del suolo. Tutti sanno che la scoperta dei moti microsismici dovuta al Bertelli e confermata dall'esperienza successiva di tanti di noi, forma la più grande conquista degli organizzati nostri studi italiani di meteorologia endogena ed il cardine quasi di questo nuovo ramo della fisica terrestre. Ma vieppiù apparisce la vastità del campo apertosi testè nello studio del terremoto considerandone cumulativamente i risultati già ottenuti colla triplice analisi tanto circa alla sua forma microsismica quanto circa alla sensibile e propriamente sismica. Potemmo tanto bene definire gli andamenti delle fasi sismiche che trovammo essere le vibrazioni del suolo una spia costante e fedele delle variazioni endodinamiche nell'istessa guisa che le mutazioni della pressione atmosferica additano i cambiamenti meteorologici. Molte vere leggi fisiche e meccaniche del terremoto furono solidamente stabilite nel corso dei due nostri volumi che è necessario in breve qui ricordare. Primieramente secondo i nuovi dati non è la vecchia immagine del sasso caduto nell'acqua, in conseguenza del quale la superficie di questa viene agitata in onde concentriche che esprime l'azione dell'urto sismico sulla terra, nè l'altra immagine della lamina vibrante coperta di sabbia mobile che formando figure bizzarre sotto l'azione vibratoria spieghi le stravaganze delle direzioni varie delle onde sismiche, ma è il concetto d'una forza esplosiva la cui energia invade le masse screpolate dei continenti e ne agita i brani come le squamme

di una corazza. Perciò le fratture del suolo divengono gli assi di scuotimento immutabili per ciascun luogo e la legge meccanica del terremoto venne così da me formulata: «Allo scotimento di una linea di frattura segue la vibrazione trasversale dei suoi labbri.» Infatti l'esperienza ha dimostrato che da per tutto i terremoti agitano il suolo con onde successivamente parallele e normali all'asse della più prossima frattura geologica. In questa legge sta la chiave e l'orditura di tutto l'apparato sismico terrestre, del quale così possiamo in qualunque regione tracciare preventivamente la carta topografica. Quanti terremoti avvennero dopo la pubblicazione del primo volume di questa opera, nel quale fu diffusamente dimostrata siffatta legge, tutti la confermarono esattamente ed in particolare maniera potei verificarla e renderla di pubblica ragione nel doloroso terremoto di Casamicciola avvenuto ai 4 Marzo 1881 (1). La verità di questa legge fu da me confermata e tradotta in utilissimo precetto architettonico anche coi dati imperituri dei monumenti che soffrirono se paralleli alle fratture e perciò anche alle onde sismiche, o resistettero se collocati diagonalmente alle medesime; rivelandoci così l'esperienza di 10, 15 e 18 secoli.

Alle conseguenze necessarie di questa legge la quale ci rivela l'apparato sismico terrestre, corrispondono esattamente altri dati ed altri assiomi rivelati dalle analisi regolari dei fatti. La complicazione e l'intreccio della rete delle fratture terrestri tanto in senso verticale quanto orizzontale rende non solo possibili ma necessarie ed estesissime le comunicazioni sotterranee dei vacui fra gli strati terrestri; quindi supposta la forza sismica risiedere in masse gassose ed in acquei vapori; debbono questi aeriformi potersi muovere, concentrare e dilatare nelle cavità fratturali. A ciò corrisponde il processo che vediamo costantemente seguito dai gruppi o serie di terremoti per rappresentare una burrasca sismica dal suo primo apparire fino al toccare il suo massimo di energia. Le dette burrasche cominciano generalmente coi moti microscopici specialmente ondulatorii che occupano due o tre giorni di agitazione;

(1) Boll. della Società geografica Italiana 1881. numero 5.

e se sono congiunti a molto moto sussultorio è evidente indizio dell'azione immediata e locale. Non è raro che si avvertano terremoti per lo più assai leggeri durante il periodo del moto microscopico. Questo moto microscopico per lo più comparisce simultaneamente in tutta l'Italia; ma qualche volta si mostra mobile e progressivo specialmente nel raggiungere il massimo o nel diminuire. Più volte si è veduto diminuire con ritardo nei luoghi prossimi al teatro del futuro maggiore terremoto. Scorsi i due o tre giorni di moto microsismico, succede una calma ora più, ora meno breve, ma che direi in media occupare un giorno. Durante questa calma spesse volte uno o due piccoli terremoti fanno da prodromi del maggiore che sta per arrivare; e sovente pure ho notato questi piccoli terremoti additare il luogo, nel quale scoppierà il maggiore scuotimento od il gruppo delle moltissime scosse in poche ore costituenti il massimo sismico. Durante il massimo sismico è raro che vi sieno anche movimenti microsismici. Questi d'ordinario si risvegliano dopo la maggiore commozione e concorrono a far parte della fase composta di spessi minori terremoti che rareggiando danno luogo al ritorno della calma. Seguendo questi andamenti dei moti del suolo, è facile prevedere con qualche approssimazione il giorno del massimo ossia del terremoto assai sensibile. Non è però ugualmente facile il prevederne la forza o la regione minacciata. Certamente la moltiplicazione delle osservazioni e degli osservatorii gioverà a questa ulteriore determinazione; ma esisterà sempre una grande difficoltà a sorprendere in tempo utile l'azione dellle cause disturbatrici.

Ho più volte verificato con ogni certezza, che mentre una burrasca soggiornava in una regione, il comparire una depressione barometrica in altra regione non lontana permise l'esplodere del massimo di quella burrasca fuori della regione invasa trasportandolo invece nel luogo dove lo chiama il favore della depressione. E viceversa ho visto le alte pressioni atmosferiche far dileguare od abortire i preparati massimi sismici od almeno ridurli ad un gruppo di numerosi piccoli e localizzati scuotimenti. Talvolta poi ho bene sorpreso l'azione endogena

far vigorosamente i fatti suoi senza punto alterare il proprio andamento per l'influenza dei fenomeni meteorici. È dunque questa migliore determinazione topografica del luogo minacciato uno dei punti, sui quali dobbiamo attendere la luce degli studi futuri; ma è evidente intanto che le burrasche sismiche rivelano un'attività interna mobile e fluttuante dentro le fratture terrestri.

E qui poichè il ragionamento ci ha condotto ad accennare qualche parte delle influenze della pressione barometrica sui movimenti sismici, debbo aggiungere uno dei punti fondamentali relativi a tale influenza determinati dal Bertelli sui moti microsismici che da me è stato confermato e svolto in questa opera. È vecchia quistione sempre indecisa fra i sismologi il determinare se la depressione atmosferica possa esser cagione dei terremoti. La nostra esperienza confermò il giudizio di coloro che nella depressione barometrica riconobbero soltanto una condizione favorevole alla manifestazione del fenomeno sismico preparato da altro agente interno. Il Bertelli esaminando questo punto speciale in confronto coi moti microsismici si avvide che sempre in conseguenza d'una depressione atmosferica si manifestano moti microsismici, ma che la loro intensità non è in ragione diretta di quel fenomeno talchè a grandi depressioni spesso corrispondono piccole agitazioni ed a leggere depressioni fanno eco notevoli vibrazioni microsismiche. Come pure avvenendo burrasche microsismiche senza punto depressione, il Bertelli formulò la duplice divisione dei moti microsismici appellando *barosismici* i dipendenti dal solo fatto della depressione e *vulcanosismici* quelli nei quali l'agente principale è evidentemente l'endogeno dinamismo tellurico. In conseguenza di questa sperimentata distinzione è evidente l'azione barometrica assumere una importanza tutta locale e massime col suo centro di depressione secondo che si avvicina o si allontana dai centri della contemporanea attività endogena. Ma poichè vediamo pure esser debole questa sua azione perchè facilmente è vinta dalle forze interne, ne discende come infatti l'esperienza dimostra che i moti microsismici essendo azione debole corrispondono alla debole influenza della pressione e che anche i

terremoti sensibili ma leggeri più facilmente che i forti compariscono sotto l'influenza della depressione barometrica. Oltre a ciò nel corso dell'opera abbiamo pure verificato che la depressione barometrica agisce sui trasporti delle manifestazioni sismiche non solo coi massimi delle depressioni, ma eziandio coi soli squilibri differenziali fra vicine contrade. Ognuno vede quanto si debba attendere dalle future moltiplicate osservazioni in ordine alle relazioni fra la meteorologia atmosferica ed i fenomeni interni. Oggi dobbiamo esser paghi d'aver messo in sodo che una influenza indubitatamente esiste e che agisce specialmente nel determinare e trasportare da luogo a luogo la manifestazione delle azioni interne.

Ma in tutto questo andamento complessivo delle burasche microsismiche e sismiche, che costantemente si ripete massime nell'inverno, un altro punto è evidente fin da ora, ed esso è la cooperazione e la compartecipazione di vastissime regioni ad una stessa ed identica burrasca, nel medesimo tempo che è abbastanza evidente una azione sismica localizzata in ristretta contrada e dipendente da un immediato e locale centro d'attività. Infatti allorchè abbiamo esaminato la successione dei fenomeni sismici comulativamente nel tempo e nella topografia, nuove conferme apparvero ai medesimi concetti. Nel periodo delle ore e nel periodo dei giorni abbiamo trovato alcune ore essere elettive ossia prescelte di preferenza per il movimento in ciascuna burrasca ed i massimi avvenire a distanze regolari con intervallo circa decadico. Nella topografia dei medesimi fatti poi vedemmo non essere colpita sempre la medesima contrada, ma luoghi indifferentemente assai distanti fra loro. Ed inoltre quasi a controprova dell'unità dell'apparato generale spesso vediamo il massimo essere additato contemporaneamente in parecchi punti e non esser giammai estranei alle burrasche sismiche le attività od i riposi dei vulcani attivi della nostra regione mediterranea. Quivi per l'esperienza che finora abbiamo potuto ottenere nelle nostre osservazioni dobbiamo riconoscere come soggette ad un unico andamento tutte le contrade costituenti il bacino del Mediterraneo e circondanti il medesimo. Così per lo meno le settentrionali parti dell'A-

frica, le occidentali dell'Asia minore, la Grecia, l'Istria, la Dalmazia, tutto il gruppo delle Alpi, dei Pirenei ed il resto della penisola Iberica, sembrano avere i loro centri d'attività endogena in strette mutue relazioni d'influenza reciprocamente attiva e passiva, non che ubbidire tutte d'accordo agli agenti esteriori che possono insieme dominarle. È per queste relazioni e sotto questo punto di vista che ho stabilito e dimostrato nella seconda parte del secondo volume l'azione sismica manifestarsi quasi in forma di correnti dinamiche agitate in periodi di più o meno vaste burrasche della endogena attività.

Insomma per concludere e non dilungarmi contro il mio proposito anche in questo riassunto, tre primi dati nuovissimi e fondamentali abbiamo guadagnato nell'esame della parte sismica nella meteorologia endogena. 1° Abbiamo conosciuto nelle fratture geologiche l'apparato di circolazione del terremoto e la sua meccanica azione; 2° abbiamo appreso la sua forma di burrasche periodiche e di correnti dinamiche; 3° abbiamo riconosciuto nelle vibrazioni microsismiche l'intiera vita e svolgimento del fenomeno sismico, del quale prima non conoscevamo che disordinatamente i massimi negli inaspettati e violenti terremoti.

Da questo ultimo dato ben si vede che anche un grande passo si è fatto verso l'acquisto degli elementi per la previsione del terremoto e che questo passo è tutto dovuto alla scoperta ed alla analisi dei moti microsismici del suolo. Al quale elemento associando l'esame dei fenomeni eruttivi e microeruttivi, l'esame delle anomalie nella circolazione delle acque, l'esame delle perturbazioni magnetiche e delle correnti elettriche telluriche e sopratutto l'esame degli andamenti della pressione barometrica, noi vedremo accumulata tanta dovizia di osservazioni, che il problema della più esatta topografica previsione è chiaro non dover resistere ancora molto ai nostri sforzi massime se questi saranno potentemente coadiuvati.

Ma non dobbiamo qui trasandare il ricordo del potentissimo mezzo ultimo ottenuto per le analisi microsismiche dalla applicazione del microfono alle nostre indagini sismologiche. È questo un altro passo, oso dire gigantesco per il nostro

studio e la cui importanza è tuttora ben lungi dall'esserci conosciuta, quantunque ne abbiamo già tratto utilissimi insegnamenti. Oltre le esperienze che ho riferito nel capitolo dedicato all' esposizione degli studi sismico-microfonici, sono quasi innumerevoli le altre prove che ho in seguito raccolte sulla natura positivamente endogena delle vibrazioni rilevate dal microfono sismico. Una delle principali serie di fatti evidentissimi provengono dalle esperienze praticate col microfono e con un istrumento musicale durante il corso di burrasche sismiche e microscopiche alquanto intense. Già più volte ho potuto sorprendere il microfono sismico nell'atto di mostrare che la varietà dei rumori da esso prodotti e le diversità dei tuoni ora gravi ora acuti provengono dalla varia celerità del suo meccanico vibrare, seguendo impulsi terrestri parimenti di varia celerità. Imperocchè disposto l'apparecchio come si deve e reso solo tanto inerte da non poter avvertire verun suono neppure vicino, l'ho invece udito dare colpi isolati e con intervalli regolari e lunghi; quindi dopo alcun tempo abbreviare gl' intervalli ma conservare la distinzione dei singoli colpi; poscia spesseggiando sempre più gli urti divenire un rullo, poi un fruscio, poi soffio, poi sibilo e dopo tutto ciò aumentando ancora la celerità ho sentito elevarsi l'acutezza del sibilo per parecchi gradi della scala musicale. Fatta poi in giornate sismiche opportune l'altra prova di suonare un istrumento qualunque musicale presso il microfono, mentre esso come si è detto sta insensibile verso i suoni artificiali e vicini ma rivela i rumori terrestri, ho osservato che toccata una nota speciale variabile a periodi di giorni o di ore, il microfono la innesta al suono sismico e la riproduce esattamente raddoppiando la intensità del romore terrestre. Viceversa toccando sull'istrumento musicale una nota dissonante, il microfono si arresta e per qualche tempo non riproduce neppure i rumori terrestri. Se poi si producono suoni musicali armonici con la nota propria del periodo, il microfono mostra di aggradirli aumentando l'intensità dei suoi romori. Il microfono insomma analogamente ai pendoli sismografici dei quali tanto si è ragionato nell'opera, ci rivela che la terra vibra per effetto sismico pro-

ducendo onde di diversa celerità e perciò paragonabili alle onde sonore dei diversi tuoni gravi ed acuti della scala musicale.

Da tutto ciò viene dimostrata sempre più l'indole sismica e vibratoria dei suoni tellurici nel microfono a ciò destinato. Ma volendo pur istituire una analisi sulla qualità dei suoni tellurici ho potuto persuadermi che tutti i suoni microfonici tellurici trovano riscontro nelle storie dei terremoti e delle eruzioni vulcaniche, allorchè la grandiosità dei fenomeni rese sensibili molti suoni diversi della terra sia nel genere dei rombi sia nel genere dei sibili prodotti da emanazione di gas e da fumarole sui crateri. Oltre a ciò artificialmente ho veduto che i suoni microfonico-tellurici trovano pure riscontro in tutti i suoni ed in tutte le vibrazioni che noi possiamo produrre per mezzo delle caldaje a vapore. Dunque sembrami lecito affermare che il microfono non ci rivela soltanto il fatto materiale delle diverse forme di vibrazioni terrestri, ma ci addita ancora che quelle vibrazioni sono la conseguenza di fughe e di tensioni di vapori; ed è il mio sismico microfono un mezzo sperimentale per provare che la energia endogena risiede principalmente nelle reazioni delle interne accumulazioni dei gas.

Alla medesima conclusione del riconoscere un grande giuoco di vapori nel sottosuolo ci hanno mai sempre condotte tutte le altre indagini fatte sopra i diversi punti studiati. Il medesimo giuoco apparve mai sempre nella storia dei grandi terremoti ovunque essi sieno avvenuti anche lungi dai vulcani. Dunque ci è lecito prevedere che la continuazione delle osservazioni sempre più renderà manifesto questo agente tellurico universale causa ed effetto dei fenomeni endogeni.

E qui mi sia lecito osservare che solo nel concetto di una immensa produzione di vapori sotterranei procedenti dalle moltissime alterazioni e metamorfismi degli strati si può riconoscere un agente allo stesso tempo estremamente locale ed estremamente universale. Esso solo può darci la conciliazione fra la scuola vecchia di coloro che per la telluricità dei fenomeni endogeni credevano necessaria l'ipotesi d'un nucleo incande-

scente nel centro del globo terraqueo, e la scuola moderna di coloro che per gravi ragioni opinano esser quella ipotesi del tutto inammissibile. I molti centri di attività chimica fra gli strati possono essere variamente alimentati dall' intervento delle acque sia per la varia attitudine dei meati fratturali sia per la varia irrigazione esteriore delle stagioni diversamente piovose. Così il vapor d'acqua che è appunto l'elemento che vediamo mai sempre attivo e copioso in tutte le manifestazioni dell' interna attività, ne sarebbe uno dei prodotti principali. Esso penetrerebbe negli strati terrestri assai più che non si stima. La terra tutta può esser pregna di vapor d'acqua e di altri gas che emana continuamente e saltuariamente dalle fratture, dalle bocche dei vulcani e degli pseudovulcani e dalle sorgenti termominerali e perfino molte volte ed in molti luoghi direttamente dalla superficie del suolo, come si può provare esser avvenuto spesso durante i periodi sismici e durante le eruzioni vulcaniche. Quante nebbie si potrebbe provare che sono d'origine endogena! Quanti temporali furono già riconosciuti per tali! E finalmente oso prevedere che una parte forse non minima dei fenomeni oggi creduti puramente meteorici col progredire dei nostri studi si dovrà riconoscere aver avuto origine nelle viscere della terra.

E se consideriamo un altro lato delle applicazioni dei nostri studi di meteorologica endogena il lato cioè che si riferisce alla geologia e che ci autorizzò a chiamare le variazioni dei fenomeni da noi studiati *fasi geologico-meteorologiche*, noi ci troveremo innanzi ai risultati geologici della endodinamica contemporanea da esaminare con sguardo retrospettivo nelle epoche geologiche. Ognuno intende che quanto più ci sarà particolareggiatamente noto il dinamismo endogeno odierno, tanto meglio ne studieremo le fasi remote dei tempi trascorsi. Quelle lente oscillazioni del suolo che abbiamo verificato non essere soltanto sensibili nel risultato secolare ma far parte in forma microscopica delle burrasche sismiche; quella cognizione che veniamo acquistando dei centri d'azione chimica interna; quell' unità di fenomeni sia vulcanici, sia pseudovulcanici, sia intercontinentali che tutti si riassumono nella formola *attività*

endogena, ci guidarono a riconoscere negli odierni fenomeni interni la fase nostra contemporanea e complementare della formazione dei continenti, per azioni interne indipendenti dal lavoro di erosione e di colmatura esteriore. Anche la geologia adunque potrà illuminare molti suoi problemi colla luce della meteorologia endogena, e lo studio specialmente della geologia storica e contemporanea ritroverà elementi e dati di prima importanza.

Fin quì sono parole della citata mia opera. Ma in questo programma dovremo svolgere in appresso in modo speciale l'indole geologica degli studî odierni di meteorologia endogena. Ora passiamo all'applicazione delle nuove ricerche alla formazione della carta sismica italiana.

III.

Carta sismica ed endodinamica d'Italia ed archivio per la storia dei fenomeni endogeni.

Ai 12 di Febbraio del passato anno 1882 io tenni una conferenza alla società geografica intorno al mio lavoro della carta sismica che la società stessa avea desiderato avere nella mostra geografica internazionale di Venezia del Settembre 1881. In quella occasione io svolsi ampiamente il mio programma e dimostrai come la mia carta sismica dovesse anche divenire col tempo endodinamica e come fosse di fatto il riassunto e quasi il repertorio grafico dell'archivio che io veniva formando delle notizie utili alla storia dei fenomeni endogeni d'Italia. Quella conferenza fu pubblicata nel Bullettino della società geografica, ma io non ne parlai giammai nel mio Bullettino, nè anche fra gli annunzi bibliografici; e procurai non dargli quasi veruna pubblicità appunto perchè mi riservava collocarla in questo programma dove avrebbe ricevuto il suo complemento da ciò che l'avrebbe preceduta e da ciò che l'avrebbe seguita. Se il lettore vi troverà nella forma della esposizione qualche

difetto, sappia sopportarlo pensando che fu scritto sotto forma di conferenza e tutto considerato ho visto che non avrei potuto riformarla senza distruggerla e tornare a scrivere le medesime cose.

Il bisogno di una carta sismica ed endodinamica italiana si è presto fatto sentire appena iniziati i nuovi studi, i quali in null'altro consistono che in un grande ordinamento cronologico e topografico della storia passata e contemporanea dei fenomeni dinamo-geologici subìti dal nostro paese. Più d'uno fra gli odierni cultori e fondatori dei nuovi studî ha talvolta nei suoi scritti fatto allusione alla necessità di por mano alla carta endografica italiana.

Per il passato ed anche oggi, fuori d'Italia, allorchè i cultori di fisica del globo hanno voluto tradurre in carta le osservazioni topografiche sui terremoti, non altro ottennero che la traccia dei limiti dell'area nella quale il terremoto fu sentito. Talvolta ne hanno distinto con linee di diversa apparenza o colore le zone concentriche di maggiore o di minore intensità; e finalmente per mezzo di frecce sparse sulla carta hanno additato le direzioni diverse dell'onda sismica verificate nei vari luoghi. Quest'ultimo mezzo adoperato per indicare le direzioni risultò sempre in passato una disordinata ed intricatissima disseminazione di frecce volanti in tutti i sensi. Una sola cosa apparisce costantemente in quelle carte, il perimetro cioè dell'area scossa conformato in figura ellittica. Cominciando dal celebre terremoto di Lisbona che scosse circa mezzo emisfero, tutte le successive prove di grafiche rappresentazioni dei terremoti diedero per risultato un'area ellittica di scuotimento. Niuno mai osservò che questa forma costante contradiceva direttamente alla teoria meccanica del terremoto universalmente ammessa, che cioè l'onda sismica si propaghi a zone circolari concentriche come l'onda cagionata nella superficie dell'acqua dall'urto di un sasso caduto nel centro delle medesime. A mio modo di vedere la forma ellittica dell'area scossa addita che il centro di scuotimento tende a prendere una forma lineare ossia in altri termini, come ottimamente disse

il Serpieri, il centro sismico si manifesta in forma di radiante. Questo radiante sarebbe per conseguenza l'asse maggiore della ellissi. Vedremo poscia allorchè avremo meglio spiegato la funzione del supposto radiante come venga limitata la propagazione del moto in un'area di forma ellittica. Ora rimanendo su ciò che direttamente spetta alla genesi della mia carta sismica, debbo ricordare che gli studî, specialmente del Ponzi, additavano le fratture geologiche del suolo come mezzi di comunicazione per l'attività della causa endogena dei terremoti e come linee di interruzione per la propagazione uniforme delle onde sismiche. Questa teoria del Ponzi più che mai rendeva importante l'ottenere sulla carta indicazioni più precise circa l'andamento delle dette onde di vibrazione. Quella teoria dovea ricevere dalle carte sismiche o la dimostrazione di verità o l'esclusione. Perciò, allorchè nel Gennaio del 1873 alcuni terremoti visitarono qui presso Roma lo spento nostro sistema vulcanico laziale, io volli profittare della occasione per fare uno studio accurato sulle relazioni che passavano tra le fratture geologiche ben definite dell'apparato vulcanico, e la forma dei terremoti avvenuti. Vidi che in ciascun luogo era evidente la frattura aver funzionato da radiante sismico e che tracciando, come feci, la carta delle fratture del vulcano, avea anche tracciato gli assi di propagazione delle onde sismiche. Fu allora che formolai la ormai a tutti ben nota legge meccanica del terremoto, secondo la quale l'onda sismica in ciascuna contrada è mai sempre parallela prima e poscia normale all'asse della fenditura geologica più vicina. D'onde trassi l'assioma non mai abbastanza ripetuto, perchè base di nuovi precetti architettonici preservatori dai danni del terremoto: « Allo scuotimento di una linea di frattura segue l'oscillazione trasversale dei suoi labbri » (1).

La carta delle fratture laziali che allora io pubblicai fu la prima traccia d'una nuova maniera di rappresentare l'anda-

(1) Le fratture vulcaniche Laziali ed i terremoti del 19 Gennaio 1873. Att. della P. Acc. di N. Lincei, Anno XXV, (1873) Sessione II.

mento topografico d'un terremoto. Sopraggiunse il terremoto del 12 marzo 1873, che fu tanto maestrevolmente analizzato dal Serpieri. Quel terremoto si comunicò a forse tutto il suolo italiano ed ebbe il suo centro quasi nel mezzo del nostro continente. Il Serpieri volle istituire una analisi rigorosa delle ore e delle intensità del fenomeno in tutte le singole parti d'Italia e gli risultò la più completa conferma delle leggi da me stabilite sulla propagazione del terremoto per la via delle fratture con onde parallele e normali all'asse delle medesime. Il lavoro del Serpieri, quantunque contenesse tutti gli elementi per una carta, pure l'autore non ne adornò la sua pubblicazione. Ma il benemerito capitano Gatta nel suo bel lavoro dedicato alla Esposizione di Parigi ed intitolato *Sismologia e Magnetismo*, con consenso del Serpieri tradusse in carta quell'analisi, adottando però il sistema già in uso delle frecce indicanti le direzioni ed aggiungendo un colore alla zona centrale dello scuotimento. Ne risultò che la zona centrale coincideva con un lungo tratto lineare della cresta assiale dell'Appennino e che le frecce partendo tutte da quella cresta dirigevansi lungo i due versanti parallelamente agli assi di tutte le valli dei fiumi. È cosa notissima che quasi tutte le valli appennine sono anche fratture geologiche dividenti le masse della catena montuosa.

Io non poteva desiderare una più splendida verifica e della legge meccanica del terremoto e della opportunità di ricercare nella carta delle fratture del suolo la topografia degli assi di scuotimento sismico. Laonde tentai una nuova prova ed un passo più avanzato in questo genere di tracciamento icnografico. Era già trascorso il 1874, durante il quale anno tre terremoti abbastanza vasti aveano urtato col massimo della intensità tre punti diversi della nostra penisola, ma colla propagazione delle ondulazioni aveano fatto tremare in gran parte la medesima area. La diversità dei centri e la identità dell'area scossa erano due condizioni opportunissime per vedere quale sarebbe risultata, dalla analisi delle ore e della forza, la carta degli assi di scuotimento. Questa carta che io aveva fatta per mio studio parve tanto evidente ed interessante al sullodato

capitano Gatta che volle col mio consenso pubblicarla nel sopracitato suo lavoro. (1).

Non posso nè vorrei qui ripetere il metodo tenuto nella analisi che tutti possono verificare nella mia opera di *Meteorologia Endogena.* Ma il risultato sottoposto agli occhi nostri è parlante e contiene in sè stesso la prova di non poter essere nè immaginario nè fortuito. Tre colori distinguono i tre terremoti; e noi vediamo che ciascuno di essi ebbe un centro lineare ossia un *radiante* in una porzione diversa della cresta appennina. L'uno sulle cime del Guerrino fra la Toscana e la Romagna, un altro sui monti fra Camerino e Visso, il terzo sul monte Meta presso il bacino del Liri. Da questi centri diversi la propagazione scende per le valli principali e per le secondarie, secondo che esse sono principali o secondarie fratture del suolo. Bello è vedere le medesime fenditure tutte e tre le volte aver funzionato per comunicare ad identiche parti le vibrazioni intense od indebolite secondo che ciascun luogo si trova vicino o lontano dalla zona radiante della scossa. Ed ecco come ho prenunciato che l'analisi dei fatti ci svela la ragione della forma ellittica d'un perimetro sismico grossolanamente determinato. Le fratture del suolo, in qualunque punto si riguardino, rappresentano una serie di ascisse e di ordinate. Egli è chiaro che dove scoppia l'agente sismico esso deve diffondersi più rapido e violento nella direzione della fenditura che invade. Nelle fratture laterali ossia nelle ordinate la medesima causa agirà dipartendosi dal principale radiante per trasformarsi in radiante derivato e secondario. Egli è chiaro perciò che la sua forza ed estensione sarà tanto più limitata quanto più sarà partita da un punto del radiante principale allontanato dal centro dell'azione. Quindi la serie dei radianti derivati dovrà assomigliarsi teoricamente in qualche modo alla modo alla spina di pesce, attorno alla quale se si tracciasse un perimetro, risulterebbe un'ellissi. Per comodo nella carta di cui parlo ho tracciato anche attorno alla estremità dei radianti

(1) Questa carta fu da me anche riprodotta nel I volume della mia opera *Meteorologia Endogena, Milano F. Dumolard 1879, pag. 282.*

la linea limite delle onde sismiche. E voi vedete come questi tre terremoti di cui potemmo rintracciare i particolari radianti, considerati col perimetro di diffusione, tornano all'area solita della ellissi.

Con questa ultima conferma io vidi il mio sistema abbastanza certificato; e parvemi poter francamente intraprendere la carta sismica generale italiana. Il metodo da tenere dopo le prove fatte, era per me semplicissimo. Bastava conoscere per ogni terremoto, che si fosse propagato sensibilmente per un'area non piccolissima, le direzioni esatte delle onde avvertite e specialmente assicurarsi, se più d'una direzione fosse stata verificata nel medesimo luogo. Secondo l'esperienza già fatta, ed in ciò corroborata anche dalla storia dei terremoti, la doppia onda sismica è formata dalla successione di due, la seconda delle quali sopravviene ad angolo retto verso la prima. É dessa lo scuotimento dei labbri della frattura spostati dalla prima scossa parallelamente all'asse della medesima fenditura. Trasferite quindi coteste direzioni sulla carta topografica doveano esse, secondo l'enunciata legge, trovarsi parallele o normali alle fratture locali. Io feci questo confronto per tutti i terremoti avvenuti dal 1873 in poi, perchè da quel tempo l'attivata corrispondenza mi ha posto ogni dì più nelle mani numerosi documenti d'osservazione. Su questa guida ho tracciato l'asse radiante primario e le secondarie diramazioni di ciascun terremoto e ne è risultata una rete di linee tracciate in color rosso. Le linee interrotte o continuate a tratteggio rappresentano i limiti delle verifiche materiali, ossia i punti ai quali giunsero i terremoti che mi fornirono i dati topografici di cui ragiono. Non occorre spiegare che il maggiore o minor numero di radianti tracciati nelle varie regioni d'Italia, è dovuto in parte al caso di esservi avvenuti od esservi mancati terremoti dal 1873 in poi, ed in parte dalla abbondanza o difetto di corrispondenti ed osservatori, che mi abbiano coadiuvato.

Come ognuno vede facilmente la mia carta, quantunque molto imperfetta, rivela un sistema di coincidenza fra le fratture geologiche del suolo ed i radianti sismici che non può

essere fortuito e che perciò contiene in sè stesso una dimostrazione della propria verità scientifica. I miei radianti sismici furono, come ho detto, determinati isolatamente sopra ciascun terremoto regionale. Mi servii dei sessantacinque maggiori fra gli avvenuti in otto anni. Potrebbe il caso far corrispondere le fratture con i radianti sismici in un sol luogo ovvero in un sol terremoto. Ma vedendo il medesimo risultato ripetersi partitamente in aree regionali limitate di qualunque contrada ed in qualunque tempo, dobbiamo concludere che quel sistema ha la sua ragione d'esistere nella natura del fenomeno al quale appartiene.

Ciò posto, abbiamo veduto che la mia carta sismica viene equivalendo alla carta delle fratture geologiche; ma si osservi che in pari tempo corrisponde quasi alla carta idrografica italiana. Dunque lo scheletro geologico orografico dell'Italia, la sua idrografia ed il suo apparato sismico, si identificano o per lo meno trovansi in uno stretto vincolo di connessione. Questo concetto, o signori, nuovo ed inaspettato vuole essere maturamente discusso ed esaminato, perchè apre il campo ad indagini della più alta importanza. E se io subito volessi trattarne, il mio ragionamento entrerebbe troppo presto nell' esame dei risultati e nella interpetrazione dei dati forniti dalla carta sismografica italiana.

Prima di entrare in questa materia assai grave, ho bisogno di esaminare altri punti che si riferiscono alla compilazione della carta. Dobbiamo vedere quali altri dati si debbano in essa raccogliere, e dopo ciò tenteremo di intravederne tutta insieme l'applicazione scientifica e la sua pratica utilità.

Prima di tutto io mi domando: basta agli studî di meteorologia endogena in Italia una carta sismica? O non occorre che essa sia anche una carta endodinamica? L'attività endogena non si manifesta nei soli terremoti, ma essa è molteplice, ed i nostri nuovi studî esaminano sopra vasta scala tutti i fenomeni diversi d'origine interna, per prepararne a suo tempo la sintesi, che rivelerà i segreti del dinamismo tellurico: di quel dinamismo tellurico finora pochissimo studiato e nulla conosciuto; mentre è in esso che risiedono non poche minaccie

per la nostra esistenza e beneficî innumerevoli per la nostra prosperità.

Il concetto poetico scientifico del Pilla che definisce il terremoto come un tentativo ed un conato non riuscito di eruzione dal seno della terrà, corrisponde al vero, secondo i moderni studî nell'identificare il terremoto coi fenomeni eruttivi. In fatti non v'ha eruzione vulcanica senza terremoti, nè v'ha terremoto anche in regione non vulcanica senza eruzione, ossia emissione di gas e vapori. Sopra hò ricordato d'aver dimostrata l'esistenza delle micro-eruzioni emanate senza crateri vulcanici direttamente dalle fratture del suolo (1). Questo fatto corrisponde all'altro che ormai tutti conoscono ed ammettono i movimenti cioè microsismici della crosta terrestre. (2) Tutti poi sanno quanta importanza giustamente annettono i moderni geologi a tutte le manifestazioni secondarie del vulcanismo, cioè salse, vulcani di fango e mofete. Tutti anche conoscono l'intimo nesso di cotali vulcanetti colle sorgenti termominerali, fra le quali essi risiedono. Le sorgenti termominerali sono eziandio giustamente estimate come manifestazioni della interna attività. Da ultimo in una sola parola la circolazione sotterranea delle acque è considerata come uno dei fattori di primo ordine nell'incessante lavoro della attività interna del globo. Una carta sismica adunque per esser completa deve essere anche accuratamente indicativa di tutte le manifestazioni vulcaniche propriamente dette e di tutte le secondarie, come salse, vulcani di fango, ecc.; e finalmente deve essere la carta delle sorgenti termominerali.

Le sole vicendevoli relazioni topografiche di mineralizzazione e temperatura, ed oltre a ciò le relazioni con le formazioni geologiche da cui derivano, formano un complesso di fatti tutti topografici che possono e debbono immensamente illuminare l'analisi degli interni fenomeni terrestri. Ma noi abbiamo dichiarato che la moderna meteorologia endogena studia i fenomeni della endogena attività nello spazio e nel tempo. Dun-

(1) *Meteorologia endogena*, Vol. I, Lib. I, Cap. IX.
(2) *Idem.* Vol. II, Lib. I, Capi I-X.

que non sarà la sola topografia odierna delle manifestazioni che servirà al nostro scopo, ma eziandio la topografia passata. Perciò non solo i vulcani spenti e le salse inaridite, ma eziandio le sorgenti oggi pure e fredde e che un dì furono termominerali dovranno essere ricercate ed indicate. I travertini, i solfi ed altre formazioni che rimasero sul suolo a testificare o l'esistenza di una sorgente che più non comparisce od a rammentare la qualità termica e minerale d'una scaturiggine pura oggidì, saranno indicazioni proprie della carta geologica che debbono essere notate anche nella carta endodinamica.

Da tutto ciò discende una conseguenza logica e che ci pone in mano il complemento dell'analisi storica dei fenomeni endogeni. Dicemmo che la carta dei radianti sismici sarebbe stata anche la carta della storia sismica italiana, perchè potremmo trovare nella storia tutti i fenomeni sismici che spettano a ciascun radiante; del quale potremmo in tal guisa valutare i periodi di maggiore e di minore attività. Altrettanto faremo delle manifestazioni di ordine eruttivo e delle sorgenti d'acqua sia termali, sia minerali, sia pure. Le vicende di ciascuna manifestazione dovranno essere ricercate nel tempo. Le storie municipali, gli archivî comunali, i vescovili e gli spettanti alle grandi famiglie ci forniranno notizie preziosissime storico-topografiche.

Insomma l'idea d'una carta endodinamica italiana non è soltanto la proposta d'un mezzo grafico e sintetico di studî sulla geologia dinamica, ma è eziandio la proposta di un repertorio, o piuttosto la base di un archivio di notizie storico-fisiche da servire alla analisi della endodinamica italiana nello spazio e nel tempo.

Un primo abbozzo di notizie utili per questo genere di lavoro ci è stato fornito dal sig. Guglielmo Jervis direttore del museo industriale di Torino nelle due sue opere intitolate: *Guida alle acque minerali d'Italia* e *I tesori sotterranei d'Italia*. Ma nella odierna totale mancanza del lavoro topografico endodinamico e delle notizie che occorrono per la storia dei singoli luoghi, io stimo che facciano e faranno opera scientificamente preziosissima tutti coloro i quali dedicheranno la loro

industria e scienza a compilare locali monografie storico-fisiche. Due eccellenti esempi voglio citare che ce ne fornirono nel decorso anno due distintissimi geologi italiani, il De Stefani ed il Mercalli. Il Mercalli tolse a rintracciare la storia dei fenomeni avvenuti dalle epoche preistoriche fino a noi nelle Isole Eolie e potè così istituire una analisi delle vicende dello Stroboli, di Vulcano e di Vulcanello, confrontando i fatti colà avvenuti con i non molti storicamente noti del resto d'Italia. Non è questo il luogo nel quale io debba riassumere le utili consesegnenze scientifiche derivanti dal lavoro del Mercalli. Dico soltanto che i dati da lui raccolti in questa sola monografia delle Eolie fissano solidamente parecchi punti per lo studio del dinamismo tellurico italiano (1).

Il De Stefani fece un lavoro più ingrato, ma forse più importante attesa la qualità dell'argomento prima non trattato in quel modo. Egli si diede a ricercare la storia e le fasi di ciascuna polla delle acque termali di Pieve Fosciana e dei suoi vulcanetti di fango. Con questa monografia il De Stefani fa rivivere una pagina di storia fisica ed idraulica di una contrada quasi ignota e dimenticata. I fenomeni di quella terma, quantunque locali ed in gran parte cagionati dall'abbandono e dall'arbitrio individuale su quelle sorgenti, presentano sempre alcune fasi di attività variabile, evidentemente connesse coi fenomeni generali del tempo (2). È chiaro che una ricca serie di tali monografie ed uno studio comparativo di tutte, se fosse possibile, darebbe cognizioni di primo ordine per la sintesi del dinamismo tellurico d'Italia.

Ma taluno forse qui penserà che non le sole monografie ora citate esistono già fatte, molte essendone ben conosciute, massime relative ai luoghi nei quali le sorgenti termominerali servirono all'arte salutare. Non nego che numerose notizie utili al mio scopo possano trovarsi già raccolte dai dotti; ma niuno

(1) MERCALLI. Natura delle eruzioni dello Stromboli ed in generale dell'attivita sismo-vulcanica delle Eoelie. — Atti della Soc. It. di scienze Nat. vol. XXIV.

(2) De Stefani C. Le acque termali di Pieve Fosciana Pisa 1881.

potrà negare che la generalità delle monografie, massime se spettanti a sorgenti termominerali, hanno per fine precipuo l'applicazione agli usi medicinali e giammai vi si scorge negli autori il desiderio di indagare la storia fisica, ossia l'origine e le vicende subìte da quei punti di rivelazione delle interne attività.

Altri forse penserà che il mio progetto è troppo vago e troppo vasto per poter essere eseguito ed ottenerne poscia un pratico e scientifico risultato. Ma qui, conviene ripetere con Seneca la confortante sua sentenza: detta appunto parlando degli studî sui terremoti: *Plurimum ad inveniendum contulit qui speravit posse reperire* (1); sentenza nella quale io volentieri vorrei vedere che la speranza di rinvenire sta nella scoperta del metodo da seguire per giungere ad un risultato. Io credo che quanto ho finora esposto altro non sia che la determinazione del metodo da adottare nell'indagine della dinamica terrestre. Sia lungo, sia difficile il lavoro, ciò non ci deve arrestare; e fa d'uopo avere il coraggio di cominciare per solo amore dell'interesse della scienza, prevedendo che il lavoro stesso sarà continuato e compito dai nostri posteri.

Con tale persuasione io da dieci anni ho pazientemente posto mano alla formazione del duplice archivio cronologico e topografico per i fenomeni endogeni. Quantunque solo e disponendo appena di meschinissimi privati aiuti, ho raccolto molte e molte migliaia di notizie, le quali nell'ordine cronologico preparano i materiali per una sintesi relativa ai periodi generali dei massimi e dei minimi dell'attività interna, ed oltre a ciò i materiali di dettaglio per le analisi dell'andamento di ciascuna specie di fenomeno. Per la parte topografica la carta che ora abbiamo cominciata dovrà servire a formare il repertorio dell'archivio topografico. Ma qui occorre un ulteriore schiarimento del metodo, dal quale poi scaturirà, come vedremo, anche qualche ulteriore scientifico risultato.

Abbiamo detto che la carta deve essere il repertorio dell'archivio, ed oltre a ciò ognuno intende che la carta generale d'insieme esige le carte parziali in scala maggiore, nella quale

(1) Seneca. Quaest. Lib. VI. cap. V.

siano possibili le indicazioni più particolareggiate e corrispondenti alle notizie d'archivio. Occorre dunque un sistema convenzionale scientifico ed acconcio allo scopo per la divisione delle regioni ossia delle parti della grande icnografia. Il sistema di divisione più confacente allo scopo è per me quello di separare l'uno dall'altro ogni bacino idrografico dell'Italia. La mia carta viene così divisa in più di duecento sistemi idrografici, i maggiori dei quali, cioè quelli del Tevere, dell'Arno e del Po, possono essere per comodo suddivisi nei principali loro affluenti. Questa divisione secondo le cose fin qui ragionate ci conduce meccanicamente a tracciare la rete delle fratture e dei radianti sismici, e ci descrive gli assi delle valli, lungo le quali ritroveremo le secondarie manifestazioni d'attività, le sorgenti termominerali odierne e le traccie geologiche delle cessate attività telluriche. Ci condurrà pure insensibilmente e sopratutto con le notizie storiche, ad uno speciale studio della idrografia generale, non solo superficiale, ma eziandio sotterranea. Ed eccoci così in una apparente trasformazione del nostro studio di attività endogena in uno studio di idrografia, la cui pratica utilità, se è evidente da una parte, dall'altra potrà sembrare menarci fuori del campo del dinamismo tellurico. Ma invece qui io faccio osservare ciò che sopra ho accennato, dovere cioè il nostro metodo di divisione per bacini idrografici fornirci la guida diretta ad ulteriori scientifici risultati nell'ordine appunto delle ricerche proprie del campo nostro.

Ho ricordato poco sopra, il dato che la moderna geologia giustamente considera la circolazione sotterranea delle acque come uno dei fattori principalissimi dell'interno lavoro dinamotellurico. Ma avendo noi osservato i radianti sismici ossia le fratture del suolo, il più delle volte identificati colle valli cioè coi corsi delle acque, ne discenderà che la idrografia superficiale è in stretto rapporto anche essa con l'attività interna. Di ciò infatti evidente è la ragione fisica. Se le valli sono in gran parte fratture del suolo, saranno anche i meati diretti dell'assorbimento delle acque superficiali per avviarle agli interni laboratorî ed alla interna circolazione.

E qui debbo far notare un altro fatto notissimo e direi

quasi elementare nell' odierno stato delle nozioni geologiche, che applicato al nostro metodo di indagine, ne rende più che mai ovvia la scientifica opportunità. È cosa verificata che le massime manifestazioni odierne della interna attività, cioè i vulcani, ricevono il principale alimento per i loro interni laboratori dalle acque del mare presso il quale mai sempre sono allineati. Non mancano esempi anche di vulcani nel mezzo di grandi laghi. È parimente cosa verificata che le stagioni eccessivamente piovose od eccessivamente prive di pioggie sono seguite nell'interno dei continenti da periodi sismici più o meno considerevoli. Infatti nelle regioni nelle quali regolarmente ed annualmente la stagione delle pioggie alterna con la stagione della siccità perfetta, anche i terremoti seguono il periodo regolare e si manifestano al ritorno delle pioggie. Aggiungasi che anche presso di noi tanto dallo studio statistico del passato, quanto dalle odierne quotidiane osservazioni risulta che la primavera e l'autunno sono le stagioni più propizie per lo svolgimento dei periodi sismici. Dunque lo scioglimento delle nevi ed il ritorno delle pioggie dopo la siccità estiva sono condizioni favorevoli alle oscillazioni del suolo. È facile assomigliare questo fatto continentale per i terremoti al fatto litorale marino per i vulcani. È in ambi i casi l'assorbimento o l'afflusso abbondante delle acque la causa determinante l'attività interna.

Ecco perchè l'alta marea in mare e le grandi inondazioni in terra sono quasi sempre seguite da massimi sismo-vulcanici. Applicando queste considerazioni allo studio dei radianti sismici e delle altre attività interne nei continenti, ognuno vede che le fratture dei bacini idrografici sono senza dubbio le vie d'assorbimento delle acque e l'apparato di manifestazioni delle conseguenti attività endogene. Infatti un primo colpo d'occhio proporzionato alle poche cognizioni che abbiamo finora in siffatta materia ci addita i centri sismici più noti d'Italia o nel cuore dei bacini idrografici o nei luoghi dove è più evidente l'assorbimento ossia il nascondersi sotterra delle acque superficiali. Niuno ignora il terremoto quasi perpetuo di Norcia: uno sguardo allo stato idrografico di quella contrada ve ne mostra subito la cagione. Colà i fiumi intieri spariscono assorbiti sotterra.

Altro centro di scosse è l' Umbria nelle contrade adiacenti al Trasimeno ed al cuore del bacino del Tevere. È celeberrimo l'agitarsi continuo del monte Baldo nel Veronese e di tutta la regione circostante il lago di Garda. I più recenti studî geologici hanno certificato che il lago di Garda è una immensa frattura geologica. I corsi dei fiumi maggiori sono assai facilmente gli assi di scuotimenti del suolo. Vedemmo così agire il Piave nel terremoto di Belluno del 29 giugno 1873, il Taro nel 17 settembre dello stesso anno, il Nera molte volte, moltissime il Liri. Ma senza più dilungarmi cogli esempi è abbastanza chiarito che là dove si aduna molta acqua e questa può penetrare sotterra, là è una via aperta alle azioni endogene. Quindi lo studio della idrografia equivale allo studio delle chiavi della interna attività tellurica.

Potremo in conseguenza di ciò riconoscere e distinguere in ciascun sistema idrografico un sistema di attività terrestre: e perciò, le fasi ed i fenomeni endogeni d'ogni bacino idrografico potranno essere cumulativamente fra loro studiati, separandoli dagli appartenenti ad altro sistema. Egli è evidente che tale separazione delle analisi dei fenomeni deve esser fatta principalmente per solo comodo della classificazione degli studî, essendo logico il prevedere che fenomeni tanto grandiosi e tanto oscuri, quanto sono questi della interna attività terrestre, debbono essere studiati in un complesso assai più vasto. Anzi qui ricorderò come in tutti i miei scritti ho sempre mostrato che l' attività endogena italiana per essere bene studiata ha bisogno d' esser considerata nell'intiero bacino delle terre circostanti il Mediterraneo. Perciò ripeterò che la Spagna e il mezzodì della Francia coi Pirenei, la Francia stessa e la Svizzera colle Alpi, l'Austria, la Croazia, la Dalmazia, l'Illirico, la Grecia, l' Asia Minore, l'Egitto e l'Algeria, ossia l'intiero Nord dell'Africa, debbono esser considerate come un campo unico di studî comparativi. Ciò stesso poi tutti ben vedono che rientra nel concetto generale dello studio organizzato secondo i bacini idrografici, perchè quasi tutta la descritta regione non è che la riunione di tutti i sistemi idrografici confluenti nel bacino del Mediterraneo. Ma avendo pure in vista questo vastissimo concetto, egli

è evidente che la divisione per bacini speciali idrografici facilita e permette moltissime analisi parziali di fenomeni circoscritti quasi necessariamente ai singoli bacini. Citerò alcuni esempî.

Fra gli studî che più degli altri hanno connessione con la endodinamica sono certamente da annoverare le ricerche meteorologiche propriamente dette. L'importanza testè tanto posta in luce delle acque scorrenti sulla terra, mostra quanto debba servire al nostro studio il lavoro delle stazioni pluviometriche e le ricerche igrometriche. Le proporzioni fra la quantità di pioggia e l'attività endogena del radiante principale di ciascun bacino forniranno col tempo dati opportunissimi; l'igrometria e le temperature locali si troveranno, io credo, in qualche relalazione con l'andamento delle micro-eruzioni, quando queste saranno osservate e ridotte a valori numerici. I temporali e le bufere straordinarie, i centri di depressione barometrica che hanno più o meno soggiornato in un bacino; fenomeni tutti, massime i due primi che nelle orografie locali trovano ragioni di frequenza o di rarità, saranno fenomeni proprî di ciascun bacino e che influiranno sulla sua endogena attività. Ma lasciando la meteorologia, anche altri fenomeni speciali d'ordine endodinamico sono legati necessariamente ai bacini idrografici.

Bene ricordiamo come oggi tanto la geologia, quanto la geodesia, e sopratutto gli studiosi della endodinamica, abbiano vôlto gli occhi ad ordinare in studio di precisione le osservazioni finora vaghe sulle lente oscillazioni del suolo, e sulle variazioni storiche e contemporanee dei littorali marini. Fu questo uno dei soggetti di discussione nel noto Congresso geografico di Venezia. Le proposte dell'Uzielli per l'Italia in tal materia, ed i quesiti posti a concorso dell'Accademia di Francia debbono esser ben conosciuti (1). L'Uzielli raccomanda giustamente esatte ricerche sui livelli che per diverse età possono fornire quasi a capi saldi gli antichi storici monumenti. Chi svolge le pagine del mio Bullettino (2) e la mia recente opera di *Mete-*

(1) V. Bull. della Soc. Geogr., An. XV, Fascic. 9.

(2) Bull. del Vulcanismo Italiano, Anno VII, 1880.

orologia Endògena avrà visto come io abbia dimostrato questo studio essere eminentemente interessante, non solo in riva al mare, ma nell'interno dei continenti, ed inoltre abbia citato gli esempî di livellazioni che col tempo sono state trovate non più corrispondenti al vero, appunto lungo i bacini fluviali. È per mezzo dei bacini idrografici che lo studio di precisione delle oscillazioni lente del suolo può dal livello del mare essere introdotto nell' interno dei continenti.

Un altro ordine di azioni in gran parte endogene è collegato strettamente al sistema dei bacini idrografici. Il valente geologo Taramelli richiamò testè l'attenzione dei dotti sopra un fenomeno geologico che con molto senno egli propone di studiare isolatamente. Questo è il fenomeno delle frane che in tempi diversi, ma con evidente concatenazione di fatti ed in un tempo speciale più che in un altro, hanno ingombrato collo sfacelo di intere montagne i bacini idrografici, massime i coincidenti colle fratture del suolo. Il Taramelli con buone ragioni opina che in un'epoca postglaciale, ma preistorica, il suolo italiano fu soggetto ad una straordinaria attività endogena ed a convulsioni sismiche assai maggiori delle conosciute in tempi storici, e che fu allora il tempo dei grandi franamenti, i quali alterarono i bacini idrografici e ne ingombrarono coi detriti gli alvei diversi (1).

Un altro ordine di studî assai concatenato con quest'ultimo del Taramelli, ma assai diverso dal medesimo e sempre d'ordine endogeno, emerge da una serie di osservazioni geologiche da me fatte in moltissime occasioni. A me sembra vedere predominare nelle formazioni dei travertini la rivelazione dell'essere essi in grandissima proporzione improvvisamente e contemporaneamente comparsi durante il periodo postglaciale ed alluvionale geologico. I detti travertini riposano generalmente senza transizione di sfumatura sulle pacifiche argille fluviali dei nostri alvei. Ciò rivela che le acque discendenti dai monti

(1) Taramelli F. " Di alcuni scoscendimenti postglaciali nelle Alpi Meridionali ". Rendiconti dell' Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, 10 febbrajo 1881.

improvvisamente acquistarono una eminente facoltà di sciogliere il calcare. Fu insomma una repentina comparsa ed invasione dell'acido carbonico emanante dalla terra. Questo fatto corrisponde nel tempo, nella natura e nella connessione coi bacini idrografici con quello sopra citato delle frane osservate dal Taramelli. Esso rivela un'altra azione endogena d'ordine eruttivo straordinaria nel periodo postglaciale.

E qui faccio osservare come tutto ciò vieppiù dimostri l'intima connessione dei fenomeni idrografici con i generati dalla attività endogena. Le osservazioni del Taramelli sulle frane e le mie sui travertini additano insieme ad un grandioso risveglio di attività endogena nel periodo postglaciale. Ora si noti che già la geologia avea stabilito il massimo sviluppo dei nostri vulcani litorali essere avvenuto nel periodo postglaciale, dunque ed il vero vulcanismo litorale e le secondarie manifestazioni di esso nell'interno del continente, corrispondono alla medesima êra geologica. Ma qual'è il carattere di quell'epoca? E lo scioglimento dei ghiacci, è il periodo delle alluvioni, è in una parola la primavera della vita geologica del globo terraqueo. È dunque vieppiù evidente che nell'acqua risiede il massimo agente della attività endogena, e che nei bacini idrografici noi dobbiamo studiare l'apparato di circolazione e di assorbimento della causa immediata della endogena attività.

Parmi aver dimostrato ciò che ho detto dal principio del ragionamento sulla parte topografica del mio archivio. La classificazione di questo cioè sulla base della idrografia facilitarne il risultato scientifico topografico, nella istessa guisa che l'ordine cronologico delle notizie tutte dei fenomeni ne agevola lo studio dei periodi generali e delle fasi particolari.

Sopra ho descritto particolareggiatamente il sistema e quasi il meccanismo dell'archivio da me intrapreso. Qui solo aggiungo che il suddetto mio archivio conta oggi circa 30 mila schede e che in queste io raccolgo tutte le notizie additanti fenomeni i quali comunque possano influire sulle modificazioni della superficie del globo. Quindi ognuno vede che quantunque i fenomeni endogeni vi abbiano direttamente ed indirettamente una parte principalissima, essi non formano il soggetto unico del

mio archivio. I fenomeni esogeni di ogni genere vi entrano direttamente massime i geologici, i meteorologici, e parte dei cosmici. Laonde il detto archivio piuttosto che endografico, deve più ragionevolmente esser considerato come una raccolta di materiali per ottenere poi una sintesi generale della *dinamica terrestre storica e contemporanea.* È perciò che, come ho detto, le schede cronologiche sono dedicate ciascuna ad un giorno, ed in essa si concentrano tutte le notizie dei fenomeni che spettano a quel giorno. Le topografiche divise per bacini contengono le notizie che si riferiscono a ciascun luogo ed hanno per repertorio la carta idrografica del bacino al quale appartengono.

Un indice generale sarebbe il complemento dell'Opera, ma esso non può farsi utilmente che in forma grafica acciò fornisca a colpo d'occhio una parte dei risultati. Esso è già concepito e stabilito ma non è tempo ancora di intraprenderne la compilazione.

Non credo dover dimostrare la novità del concetto dell'archivio da me intrapreso. La sua utilità anche fuori dello scopo al quale è indirizzato, neppure occorre dimostrarla. Basterebbe svolgere una rassegna dei cataloghi dei fenomeni più volte compilati dagli scienziati o dagli eruditi, per vedere come questi incompletissimi e limitatissimi lavori sempre sieno stati diretti ad un solo genere di fenomeni ed ordinati in classi fisiche, non in cronologico-topografiche. Quindi non ne derivò tutta la luce che oggi noi ricerchiamo.

Da quanto ho esposto risulta per lo meno che lo studio dell'attività endogena da noi ora riformato è evidentemente entrato nella fase, nella quale potrà progredire rapidamente con pari successo che tutti gli altri rami delle fisiche discipline; e che se a noi non sarà dato vedere i frutti dell'intrapreso lavoro avremo però la consolazione di aver trovato ed istradato il metodo. Il duplice archivio cronologico e topografico saranno mezzi potentissimi che uniti all'istituzione ed organizzazione degli osservatori di meteorologia endogena non solo fonderanno questa nuova scienza, ma coadiuveranno immensamente molte altre scientifiche intraprese. Colla via ora aperta ai nuovi

studî sui fenomeni endogeni, questi divennero intimamente legati alla scienza applicata all'industria. Divennero cioè utilissimi per la meteorologia atmosferica, per l'agricoltura, per la ricerca delle acque potabili e minerali da fornire ai centri abitati, per la formazione della carta geologica italiana e per prevedere i disastri che possano minacciare i massimi della interna attività.

IV.

Della indole geologica degli studî di Meteorologia endogena.

Tutto ciò che si è detto a proposito della carta sismica ed endodinamica italiana e dell'archivio storico topografico dei fenomeni avendomi fatto descrivere il campo ed il metodo del nostro studio, mi ha anche fatto chiarire e formolare il concetto d'una dinamica geologica storica e contemporanea. Ma in quel generale colpo d'occhio non potè riuscire completo il quadro di questo concetto. Occorre ancora considerare alcuni particolari che meglio ci mostreranno la natura, i confini ed il posto che spetta ai nostri studî fra i rami e le sezioni diverse della geologia.

Molti pensano che questo ramo faccia parte della meteorologia e costoro possono essersi confermati in questa idea vedendo quanta importanza vi abbiano i dati meteorici ed idrometrici, e come la forma meteorologica dei fenomeni ci abbia perfino consigliato d'appellarne il complesso meteorologia endogena. Ma invece riflettendo che la forma meteorica dei fenomeni non ne muta la natura, e che questi sono essenzialmente tutti d'indole geologica, dovremo persuaderci che lo studio di cui ragioniamo sarà e pel soggetto e per i risultati sostanzialmente geologico. La connessione dei dati meteorici mostra piuttosto che quantunque si tratti di sola attività endogena, in realtà lo studio comprende tutta la dinamica tellurica tanto esterna quanto interna. Siccome però la ricerchiamo e nella successione dei tempi e nella topografia tanto del passato che dei giorni

nostri, ne discende che la nostra Meteorologia endogena si risolve nello studio della dinamica geologica preistorica, storica e contemporanea.

Ma la necessità testè dimostrata di tenerci all'esame principalmente dei bacini idrografici connette direttamente le nostre indagini con lo studio del periodo quaternario e postquaternario, con le indagini sul vulcanismo preistorico e storico e con le più importanti quistioni sulla prima costituzione dell'umana dimora. Dunque possiamo dire che lo studio della meteorologia endogena considerato nella sua più vasta estensione non solo equivale, come si è già detto, allo studio della dinamica geologica, ma eziandio può divenire direttamente lo studio del periodo recente geologico ossia del tempo detto da Stoppani periodo antropico.

Non vorrei che qui taluno credesse voler io comprendere direttamente nel programma dell'Osservatorio geodinamico lo studio geologico del quaternario e le ricerche sulle antichità preistoriche. Altro è esaminare le attinenze del nostro lavoro ed i campi nei quali può arrecare luce, altro è lo sviare le forze nostre dietro problemi che per quanto possano attrarci colla loro importanza, non debbono distrarci dal punto principale della geodinamica. Ho voluto toccare di queste attinenze dei nostri studî per vieppiù giustificare la estensione data ai materiali che raccogliamo nel nostro archivio, ed insieme per mostrare la opportunità di aver fatto luogo nel Bullettino del Vulcanismo italiano alle notizie di archeologia preistorica, storico-primitiva ed idrogeologiche tutte le volte che ci sono venute fra le mani emergendo dagli studî geodinamici.

Posta la dichiarazione ora fatta possiamo francamente entrare nell'esame particolareggiato del metodo d'indagine sopra ciascun fenomeno, senza temere di venir dimostrando ciò che è nell'indole del nostro lavoro, l'emergere cioè gli elementi di una geologia dinamica storica e contemporanea ossia la geologia del periodo antropico.

Ho sopra additata la divisione in quattro gruppi di tutti i diversi fenomeni endogeni. Ho pur fatto abbastanza intendere che le quattro categorie si risolvono finalmente in una sola

cioè nell'esame delle forze eruttive della terra. Infatti i terremoti ben considerati non sono un fenomeno diretto altro che nella loro parte meccanica. Essi sono i rivelatori dello stato di tensione della forza eruttiva terrestre; e servono alla osservazione di questa forza in qualunque luogo anche lontano dal centro dell'azione, purchè vi giunga l'onda del movimento sismico. Da ciò discende per la parte sismica l'opportunità del concorso degli osservatorî metereologici e di altri gabinetti collocati dovunque anche lungi dai vulcani o dalle altre manifestazioni della attività endogena. Questo però dentro i limiti soltanto dei fenomeni odierni e per ciò che riguarda l'effetto delle onde sugli istrumenti sismografici. Uscendo da questa piccola parte e portando l'esame sugli effetti meccanici del terremoto, entriamo nel campo diretto della sismologia, che è stata sempre parte della geologia. Entra così la sismologia geologica nello studio delle relazioni fra i terremoti e le fratture del suolo, fra i terremoti e l'orografia, fra i terremoti e le rocce che li favoriscono o li combattono. Sempre più poi si fa geologica la sismologia storica. Le variazioni avverate nella orografia dei continenti e nella loro idrografia sia per azioni subitanee sia per azioni lentissime, sia per i franamenti sismici estendono vieppiù la parte geologica della sismologia. Ma il teatro delle azioni sismiche furono sempre le valli ed i bacini idrografici, i luoghi appunto dove la dimora degli uomini massime primitivi cercava la prossimità dei corsi d'acqua per le necessità della vita. Le vicende sismiche adunque preistoriche e storiche dei centri abitati, costituiscono l'elemento storico e fisico insieme della sismologia.

Veniamo ai fenomeni direttamente eruttivi. Vedemmo di sopra quanto le recenti indagini nostre abbiano ampliato l'estensione e l'importanza di questo fenomeno considerandolo nella sua forma visibile delle vere eruzioni ed invisibile delle micro-eruzioni. Sarebbe uno spendere parole inutili a dimostrare l'indole geologica delle indagini sull'odierne eruzioni sensibili. Le insensibili però od anche semplicemente non appariscenti e trascurate finora, come sono le acque minerali, le mofete e solfatare, potranno fornire elementi di studio geologico petrografico

raccogliendone i prodotti solidi in forma di preparazioni da sottoporre all'analisi microscopica ed anche all'analisi chimico-mineralogica. Non posso qui addentrarmi nel particolareggiato esame dei tentativi isolati e parziali giá fatti in questo genere di ricerche non solo dai contemporanei, ma anche dai fisici del secolo passato. Riunendo insieme tutte le esperienze già fatte vi sarebbe vasto materiale per una istruzione sul metodo d'indagine. Ne parleremo a suo tempo. Qui intanto posso dire che l'esperienze fatte e le sicure da farsi giustificano ampiamente l'importanza e la possibilità delle osservazioni sulle microeruzioni terrestri.

I fenomeni eruttivi dei passati tempi sono già ab antico nel dominio della geologia, perchè si studiano nelle formazioni e nelle rocce da essi lasciate. Tali formazioni nel nostro punto di vista debbono avere una rivelazione speciale da farci, cioè debbono permetterci di enumerare e distinguere le fasi diverse dei diversi centri eruttivi. Ciò si intende naturalmente detto non solo per le vere eruzioni vulcaniche, ma eziandio per tutti i prodotti minori del pseudovulcanismo e per i relitti rocciosi delle acque mineralizzate in antico ed oggi divenute in tutto od in parte pure. Abbiamo già sopra accennato alla importanza d'uno studio speciale dei travertini. Qui aggiungeremo la considerazione che le formazioni di questo genere essendosi svolte non solo nei tempi geologici, ma avendo avuto grande attività nel periodo antropico, compreso lo storico ed il contemporaneo, dovranno colla potenza dei loro strati distinti in gruppi cronologici e colla mostra degli interclusi rivelarci dati preziosissimi per stabilire i periodi delle attività, le varietá delle loro energie, le faune e le flore locali, che sono spie ben conosciute dei climi e della idrografia dei passati tempi. Anche in questo ramo speciale le osservazioni assidue regolari e bene organizzate dei fatti odierni può condurre a dati assai preziosi. Non si è pensato finora di collocare nelle acque depositanti ed incrostanti apparecchi speciali da appellarsi litogenometri per misurare nel tempo la formazione delle pietre. Anche la erosione e la perdita di peso delle rocce traversate da acque attive può divenire uno studio di molto rilievo, come provano alcune espe-

rienze recenti dell'Ing. Statuti, delle quali parlerò pure al suo luogo. Ecco un altro ramo speciale sul quale potrò raccogliere importanti dati sperimentali. Intanto è chiaro anche dalla sola enunciazione del progetto, che l'ordinamento d'un tale studio deve arrecare un contributo non infecondo all'edificio generale della geodinamica.

Il fenomeno della circolazione delle acque , studiato sopratutto nei suoi livelli esterni e sotterranei e nei bacini diversi lacustri e fluviali disseccati recentemente ed in epoche storiche naturalmente od artificialmente, deve pure arrecare i suoi lumi che saranno elemento tutto geologico. La idrogeologia ha fatto progressi fuori d'Italia, massime per le applicazioni all'industria ed alla agricoltura. Anche di questo debbo rimettere l'esame ad altra opportuna circostanza, perchè è un tema che porge il campo a vastissima trattazione. Al nostro quadro odierno la idrogeologia serve solo a spiegarci le fasi di massimo e di minimo locale e generale della attività endogena. Per servire a questo solo punto di vista riferiremo, nelle istruzioni che seguiranno, i dati dell'esperienza italiana e svizzera del decennio decorso e ne trarremo i consigli per l'impianto delle osservazioni vieppiù regolari. È facile senza fermarsi più su questo punto il prevedere l'importanza che avranno i dati statistici ed i mezzi esatti d'osservazione sulla erogazione delle sorgenti, i gas che sprigionano talvolta e sulla intermittenza che si verifica in taluna di esse senza connessione col tributo pluviale delle stagioni.

Non parlo qui dei fenomeni elettrici studiati nella meteorologia endogena, perchè sono i soli che sfuggono dal campo della geologia, e ne rimetto perciò il discorso alle seguenti istruzioni per gli Osservatori. Ciò però non altera di certo la dimostrazione dell'indole geologica degli studi di Meteorologia endogena. Senza più insistere sopra coteste dimostrazioni concludo augurandomi che niuno troverà disadatto il nome nuovo di Osservatorio ed archivio Geodinamico dato alla istituzione che sorge a far parte integrale degli studi geologici italiani.

PROGRAMMA
DELL'OSSERVATORIO ED ARCHIVIO CENTRALE GEODINAMICO
PRESSO IL R. COMITATO GEOLOGICO D'ITALIA

Istruzioni per gli Osservatorî — Descrizioni d'istrumenti

AVVERTENZA.

Per facilitare agli stranieri l'utilità del presente programma e per uniformarci agli impegni presi nei recenti congressi internazionali di cui parlammo nella prefazione dello scorso anno, abbiamo divisato di scrivere in francese la parte che riguarda le istruzioni minute relative all'organizzazione degli Osservatorî, premettendo a questo posto una speciale piccola introduzione che riepilogherà in pochissime parole le cose note agli italiani e che omettemmo quasi del tutto nella prima parte di questo programma.

Le accennate istruzioni in lingua francese conterranno anche la descrizione dei principali fra gli strumenti già collocati o da esser collocati nell'Osservatorio geodinamico come saggio degli apparecchi utili per le osservazioni. Ma poichè la serie degli istrumenti utilizzabili è assai numerosa, e non scarsa sarà quella che si ha in animo di porre in esperimento nel nuovo Osservatorio, si continuerà nel seguito del Bullettino la descrizione degli apparecchi sismografici finora conosciuti. A tale effetto si è stabilito di aprire nel detto Bullettino da quest'anno in poi una speciale nuova rubrica col titolo *Apparecchi per le osserva-*

zioni, nella quale verranno successivamente pubblicate anche coi relativi disegni le descrizioni degli strumenti e dei mezzi utili per le osservazioni sismologiche e sugli altri fenomeni della *Meteorologia endogena*.

Debbo poi aggiungere che le istruzioni che seguono doveano da me esser preparate anche per uso della Associazione Meteorologica italiana in seguito alle decisioni prese dalla medesima nella sua riunione di fondazione fatta a Torino nel 1880.

Non mancai infatti di redigerle fin da allora; e nel tempo appresso decorso furono esse discusse con una Commissione eletta dal Comitato direttivo della Associazione e composta dei principali e noti cultori dei nostri studi in Italia. L'imminente opportunità dell'odierno programma dell'Osservatorio ed Archivio centrale geodinamico, che doveva io stesso redigere, mi consigliò d'accordo con la Direzione dell'Associazione meteorologica di unificare i due lavori che aveano il medesimo scopo. Perciò le istruzioni che seguono contengono nella parte sismologica principalmente i canoni non solo dell'esperienza mia e dei colleghi negli studi odierni di meteorologia endogena, ma segnatamente le cose discusse ed approvate quasi alla unanimità dai dotti componenti la detta Commissione dell'Associazione meteorologica.

Inoltre ricordo ciò che sopra ho accennato; d'aver cioè io preso impegno presso l'Associazione francese per l'avanzamento delle scienze nel Congresso d'Algeri e presso gli scienziati adunati nei Congressi internazionali di geografia in Venezia e di geologia in Bologna, di redigere una istruzione pratica in lingua francese sulle Osservazioni geodinamiche ora organizzate in Italia, acciò fosse a tutti più

facile il prenderne cognizione. È per ciò adunque che non poteva dispensarmi dall'adoprare la detta lingua almeno in questa seconda parte del programma dell'Osservatorio ed Archivio geodinamico ora istituito presso il R. Comitato geologico d'Italia.

Finalmente avverto che male penserebbe chi credesse in questa istruzione per le Osservazioni trovare trattati e discussi tutti i punti che si riferiscono a questo argomento e molto meno lo svolgimento delle ragioni che mi indussero a formolare molti consigli. Tutto ciò che il lettore sentirà mancargli allorchè vorrebbe meglio approfondire qualche punto, lo troverà al suo luogo cioè nella più volte citata opera *Meteorologia endogena* (1). Anzi la vastità della materia mi costringe a limitare queste istruzioni alla sola parte che si riferisce alle osservazioni che si possono fare negli Osservatorî, rimettendo ad altra volta ciò che spetta alle ricerche da fare sui luoghi stessi nei quali esistono manifestazioni della attività interna terrestre.

M. S. De Rossi.

I.

Introduction.

Quoique la première partie italienne de ce programme présente les notions préliminaires nécessaires avant d'arriver aux instructions pratiques pour les observations, je crois devoir dans cette seconde partie française les résumer en peu de mots.

(1) Milano, F. Dumolard, editori, volumi 2, 1879-1882.

Invité à écrire en français ces instructions pratiques, surtout par le Congrès de l'*Association française pour l'avancement des sciences* à Alger, je vais donner ici en guise d'introduction ma proposition sur la météorologie endogène soumise au Congrès susdit dans la séance du 16 Avril 1881.

« J'ai l'honneur d'appeler l'attention du Congrès de l'*Association française pour l'avancement des sciences* à Alger, sur un sujet que M. d'Abbadie avait, en 1872, déjà signalé au même Congrès de Bordeaux, à propos de certaines expériences faites par lui, qui n'étaient au fond que le prodrome d'un champ nouveau d'études qui se développèrent, ensuite, rapidement en Italie. Il s'agit de l'étude des variations et des phases des phénomènes intérieurs de la terre, appelés par moi *Météorologie endogène.* J'ai déjà eu l'honneur d'intéresser à cette nouvelle étude le Congrès international de météorologie à Rome, qui a bien voulu exprimer le désir de voir continuer ce genre de recherches, en insistant sur les relations qui peuvent exister entre les phénomènes intérieurs et ceux de la météorologie atmosphérique. Par conséquent, je vous exposerai à peu près les considérations que j'avais soumises au Congrès de Rome, seulement augmentées par le développement presque merveilleux de cette branche d'étude que nous avons obtenu, en Italie, depuis lors jusqu'à ce jour.

« Ne voulant pas vous entretenir longtemps, je me borne à vous rappeler, en peu de mots, que le dynamisme manifesté par les différents phénomènes d'origine intérieure, n'a jamais été l'objet d'un examen spécial et régulier et par conséquent, n'a jamais formé une branche scientifique spéciale. Les tremblements de terre et les éruptions volcaniques, considérés comme phénomènes accidentels, ont été étudiés isolément et après leur manifestation. Les sources thermales, les émanations gazeuses, le régime des eaux qui circulent sous terre, l'électricité terrestre, étaient l'objet d'études séparées et confiées aux médecins, aux hydrologues et aux météorologistes. On n'a jamais pensé, avant ces dernières années, à soumettre tous les phénomènes endogènes à l'examen comparatif et quotidien de leur manifestation, ainsi que cela se pratique dans la

météorologie atmosphérique. Cette méthode d' observations continuelles, appliquée en Italie par mon initiative tout à fait privée, aidée par d'honorables collègues, nous a montré aussitôt que les phénomènes endogènes, ainsi que les bourrasques atmosphériques, parcourent des phases allant du *minimum* au *maximum* d'activité; et cela non seulement dans l'intensité, mais encore dans l'étendue topographique.

« Le R. P. Bertelli, à Florence, reprenant d'une manière différente et plus étendue les expériences précitées de M. d'Abbadie, a pu constater l'existence de mouvements microscopiques du sol, en forme de bourrasques très fréquentes. Cette étude de microsismologie, reliée et comparée à la recherche des véritables tremblements de terre plus ou moins sensibles, et à l'observation des variations de tous les autres phénomènes endogènes, éruptifs, thermiques, hydrauliques, etc., a créé cette branche spéciale de la physique terrestre, que nous appellons maintenant *météorologie endogène.* Les résultats brillants que nous avons commencé à obtenir par cette méthode, ont été publiés dans plusieurs brochures et, surtout, dans mon ouvrage intitulé: *Meteorologia endogena* et dans le *Bullettino del vulcanismo italiano*, que j'ai fondé en 1874. On peut résumer les résultats obtenus en disant que nous avons constaté pour les manifestations des forces intérieures une activité et variation continuelles, qui se présentent tantôt dans un endroit limité, tantôt dans une région étendue, telle que l'Italie tout entière, les Alpes, les Pyrénées et le Jura. En outre, cette activité prend les formes de courants dynamiques qui se promènent dans les fractures du sol, tantôt rapidement, tantôt lentement, ayant toujours pour point ou de départ, ou de centralisation, les volcans actifs.

« Nous avons été heureux de pouvoir profiter, dans les nouvelles études, des grands progrès modernes de la physique et de la mécanique, pour imaginer des instruments très simples, très délicats et très pratiques employés aux observations. Surtout, un grand champ de recherches nous a été ouvert par le microphone et le téléphone. Grâce à ces deux derniers instruments, le travail intérieur nous est transmis à l'oreille avec toutes ses

nuances de variations extraordinairement instructives. De cette manière, nous faisons de grands pas vers la solution du problème, à la fois scientifique et humanitaire de la prévision de violents tremblements de terre.

« Vous le voyez, les efforts privés de notre Société italienne ont déjà produit presque audelà de ce qu'on pouvait espérer. Ils ont fondé la science nouvelle qu'il faut à présent répandre et organiser sur une grande échelle. En Italie la nouvelle Association météorologique a bien voulu insérer dans son programme d'études la météorologie endogène.

« Le bureau central de météorologie du gouvernement italien a pris intérêt au développement de cette nouvelle branche de la physique terrestre, et a bien voulu admettre lorsque il le faut, dans son Bulletin météorologique, l'indication de l'état d'activité endogène, déduite de mes observations.

« En Autriche, plusieurs observatoires ont organisé une section sismique et microsismique des observations.

« En Suisse, la Société helvétique des sciences naturelles a organisé un service spécial et une commission pour l'étude de l'activité intérieure du sol. Comme vous le voyez, — et je l'ai dit déjà — la région qui forme un seul théâtre d'action intérieure en relation intime, est circonscrite à peu près par les Apennins, les Alpes, le Jura, les Pyrénées; même, je trouve une grande relation entre les tremblements de terre de l'Algérie, de la Grèce et ceux de l'Italie. Par conséquent, c'est de la France et de ses institutions scientifiques que nous attendons une grande partie du complément de l'organisation régulière des observations dans le Jura, dans une partie des Alpes, dans l'Auvergne, dans les Pyrénées et dans l'Algérie. Je propose donc à votre Congrès actuel d'Alger de voter, à l'imitation de l'Association météorologique italienne, l'institution des observations de météorologie endogène, selon le programme qu'on va formuler, à présent, pour la susdite Association météorologique italienne.

II.

Classification des Observations et Installation des Observatoires.

Lorsqu'au mois de Septembre 1882 l'Association météorologique italienne s'est réunie à Naples, on devait formuler les propositions réglementaires pour chaque branche des études comprises dans le programme de cette Association. Nommé rapporteur de la section de météorologie endogène, j'ai présenté en même temps au nom de l'Observatoire et de l'Archive centrale géodynamique du Comité géologique les propositions suivantes.

La méthode expérimentale, aujourd'hui suivie pour étudier les phénomènes terrestres endogènes, consiste dans son application à la météorologie atmosférique, c'est-à-dire à observer continuellement, à l'aide d'instruments, leur variation, pour pouvoir en constater les phases *maxima* et *minima*.

Les phénomènes à observer peuvent former quatre groupes.

1.° Phénomènes de la circulation souterraine des eaux.

2.° Phénomènes électriques et magnétiques considérés comme manifestation de l'activité intérieure du globe, ou comme conséquence des mêmes phénomènes.

3.° Phénomènes éruptifs et microéruptifs.

4.° Phénomènes sismiques et microsismiques.

Il est clair que l'observation de ces quatre groupes de phénomènes doit se diviser en deux séries; car les uns comme les éruptifs et en grande partie la circulation des eaux, doivent être observés dans le lieu de leur manifestation. Les autres, surtout les sismiques et électriques, peuvent être observés partout et nommément dans les observatoires.

De même il faut diviser en deux séries la recherche des notices relatives aux phénomènes; car on devra recueillir les observations et les notices sur leurs phases actuelles et tâcher de rédiger l'histoire des phénomènes du passé. Par consé-

quent nous allons formuler pour tous ceux qui désirent aîder l'entreprise commencée dans l'Archive centrale de Rome, les points suivants.

1.º Rechercher et communiquer à notre Archive centrale les endroits où existent des manifestations continuelles, même minimes, de phénomènes intérieurs.

2.º Tâcher d'organiser sur ces phénomènes des observations quotidiennes.

3.º Rechercher l'histoire de ces manifestations.

4.º Rechercher dans la région où l'on se trouve, les événéments extraordinaires naturels de tout genre, surtout des tremblements de terre, des éboulements de roches, des explosions du grisou dans les mines etc.

5.º Tâcher d'organiser des observations régulières sur les variations de niveau des eaux dans les puits naturels et dans les lacs.

6º Tâcher d'organiser surtout dans les observatoires météorologiques, ou dans les cabinets de physique et mieux encore dans les mines, des observations suivies sur les phénomènes sismiques et microsismiques avec les appareils qui seront conseillés ci-après.

7.º Les observatoires météorologiques qui ont l'habitude de publier chaque jour dans les journaux leurs bulletins météorologiques, sont priés d'y joindre quelques mots sur l'état de l'activité géodynamique déduite des appareils susdits.

8.º Nous devons particulièrement recommander ces propositions aux savants qui se trouvent dans des endroits où les observatoires météorologiques n'existent pas encore, et où par conséquent on perd toute notice des phénomènes.

Conformément à la classification précitée des deux séries d'observations, nous parlerons séparément des observatoires et des recherches aux lieux de manifestation endogène.

Pour les observatoires, auxquels seulement sont dédiées les instructions que nous allons formuler, nous devons avant tout préciser leur condition statique, géologique et topographique. On sait déjà que la partie principale des études d'observatoire est consacrée aux phénomènes sismiques. Par conséquent il faut éta-

blir une connexion très exacte entre les roches et les instruments. Remarquez pourtant que l'édifice peut être considéré comme une partie de l'instrument sismique relativement à la terre. Aux étages supérieurs d'une maison, comme tout le monde l'a expérimenté pendant les tremblements de terre, les oscillations sismiques se trouvent multipliées, mais très facilement modifiées dans la direction et dans la qualité des ondes par l'orientation des parois. Au contraire, aux étages inférieurs, et mieux encore dans les souterrains, il n'y a pas de modification, mais moins de sensibilité. Il faut placer les observatoires dans des édifices très solides pour ne pas avoir de vibrations locales dues surtout au vent, aux voitures, et à l'intérieur de l'habitation. L'emplacement de l'observatoire doit être d'un accès très facile et commode pour ne pas être gêné ou empêché d'y venir très-souvent pour faire des observations. Les instruments ont besoin d'être placés et reliés très solidement avec les parois, ou mieux encore fixés sur des bases isolées et élevées sur le sol. Le mieux sera d'avoir une partie des instruments située sous terre au contact des roches, et une partie dans les étages supérieurs, mais solides. C'est quand nous aurons spécifié les détails des observations à faire et les qualités des différents appareils, que nous pourrons, dans les conclusions, mieux formuler tout ce qui se rapporte à l'emplacement statique des observatoires.

Après ces conditions statiques, voici quelque renseignement sur les conditions géologiques et topographiques. Il est préférable, dans la généralité des cas, de choisir les édifices placés au sommet des collines. C'est par la même raison que nous avons préféré les étages supérieurs pour avoir la multiplication du mouvement. Nous avons beaucoup parlé du rôle joué par les fractures géologiques dans les agitations sismiques. De même nous avons parlé de l'importance des bassins hydrographiques tantôt comme fractures, tantôt comme réservoirs des eaux qui très probablement ont une grande influence sur l'activité intérieure. Par conséquent un observatoire géodinamique sera très bien placé au bord d'une fracture géologique, ou sur l'axe d'une fracture dans l'intérieur d'une vallée fluviale. Selon

ces idées à la fois théoriques et données par l'expérience, on saisit très facilement la conception du réseau d'observatoires géodynamiques que nous souhaitons de pouvoir organiser en Italie. Jusqu'à présent nous avons utilisé les occasions favorables pour établir des observatoires sans trop nous préoccuper du choix des localités. Il était nécessaire non seulement de faire des essais, mais encore de multiplier les observations autant que possible. Maintenant, nous tâcherons de suivre le dessein preconçu et scientifique des fractures géologiques, des bassins hydrographiques et des centres sismiques connus, indiqués par l'histoire.

Lorsque ce réseau pourra être mieux déterminé et en grande partie installé, nous ne manquerons pas de le décrire avec plus de détail. En attendant, nous tâcherons de profiter surtout des mines et des établissements de bains thermo-minéraux, pour avoir des observations souterraines et rapprochées des endroits des manifestations intérieures. Alors aussi nous pourrons réaliser le souhait déjà plusieurs fois émis dans notre bulletin, c'est-à-dire étudier les relations qui existent entre les accumulations du grisou et l'activité sismique ou microéruptive du sol.

La distribution topographique des observatoires exige la fondation d'établissements complets, ou au moins très riches en instruments, soit dans les centres sismiques connus, soit au centre d'un réseau de fracture, soit au centre des bassins hydrographiques. Aux environs de ces points centraux on pourra établir des observatoires secondaires, ou moins pourvus d'instruments, comme on fait en météorologie pour étudier le détail du climat avec les observatoires termo-pluviométriques. De cette manière, dans l'Italie continentale, on devra former trois lignes principales d'observatoires complets correspondants aux trois grands axes des fractures géologiques des Apennins, c'est-à-dire une ligne centrale entre les crêtes, et deux latérales sur les deux synclinales de la chaîne. Une distribution semblable pourra être organisée sur les Alpes.

Pour mieux faciliter la recolte des observations, il y a encore à distinguer deux genres d'observatoires. Ceux dont nous

avons parlé jusqu'à présent, seront définitivement établis d'après les opportunités que nous avons décrites. Mais la nature offre des opportunités temporaires, qui peuvent exiger des observations à temps limité. Lorsque une période sismique commence à ébranler un territoire, ordinairement on observe des phénomènes pendant plusieurs jours, plusieurs semaines, plusieurs mois. Il faut alors que l'observatoire central de la région soit pourvu d'instruments portatifs pour pouvoir improviser un observatoire temporaire au lieu où la science peut tirer parti des phénomènes.

III.

Observations sismiques et microsismiques dans les Observatoires.

D'après ce que nous avons dit, dans les observatoires on doit s'occuper surtout des agitations du sol et rechercher séparément chacune des quatre formes que l'expérience a révélées dans les mouvements du sol.

I.o Secousses.

II.o Trépidations du sol.

III.o Ondulations microsismiques.

IV.o Oscillations lentes du sol.

Ce qui caractérise la secousse c'est le choc, ou un mouvement très court, soit vertical ou horizontal, soit fort ou faible, soit sensible ou insensible, soit un mouvement lent ou vite.

Ce qui caractérise les trépidations du sol c'est la vibration sensible ou insensible du sol. à grande vitesse, prolongée pendant un certain temps et qui se renouvelle à peu d'intervalles.

Ce qui caractérise les ondulations microsismiques, c'est la lenteur du mouvement, sa continuité de force variable, mais toujours insensible et durant plusieurs heures et même plusieurs jours.

Les oscillations lentes du sol sont de même insensibles. Mais elles n'y produisent pas de vibrations, où elles y causent seulement un déplacement.

Ces quatre genres d'observations exigent des appareils et des méthodes d'analyse spéciales pour chacune d'elles.

§. I.

Considérations sur les Secousses et sur les trépidations du sol.

Dans cette section on classera, selon nos prémisses, toute espéce de mouvement instantané, sensible ou insensible. On distinguera les secousses des trépidations du sol. Tous ceux qui se sont trouvés dans un endroit ébranlé par une forte période sismique, connaissent bien par expérience cette distinction qu'ils ont éprouvée d'une manière sensible. La différence entre la secousse proprement dite et la trépidation du sol, consiste en cela que les secousses quoique pouvant se répéter de temps en temps, sont toujours très courtes et très isolées ou détachées les unes des autres. Les trépidations au contraire sont des ébranlements à grande vitesse qui se prolongent pour un certain temps et qui se succèdent d'une manière très rapprochée les uns des autres, et quelque fois ils arrivent à former des ébranlements continuels et sensibles. Les appareils doivent nous révéler les mêmes formes de vibration terrestre dans l'ordre insensible.

Lorsqu'il y a plus de continuité dans l'agitation et plus de lenteur dans les ondes sismiques, on arrive aux formes des mouvements microsismiques dont nous nous occuperons bientôt.

Ici, nous ne devons pas trop nous arrêter à décrire les instruments sismiques. Il y en a une grande variété et nous verrons que cette variété est nécessaire à la science. Aussi avons nous résolu d'indiquer un choix d'instruments à la fin de ce programme. Ici nous énoncerons seulement les principes généraux qui doivent déterminer la classification et l'usage spécial des différents appareils.

Ce qu'on doit d'abord exiger dans les instruments sismiques, c'est la simplicité du mécanisme auquel on ne doit pas

demander par la complication des pièces, un nombre de données supérieur à celui qui provient naturellement de la combinaison mécanique originaire. Par conséquent chaque instrument aura son but essentiel; les autres données qu'il pourra fournir seront toujours une tâche secondaire qui devra être principale pour un autre appareil.

Nous diviserons les sismographes en quatre grandes classes dont chacune pourra avoir des appareils à vision directe, ou enrégistreurs.

1.° Appareils avertisseurs des secousses.

2.° Appareils analysateurs des secousses.

3.° Appareils indicateurs des trépidations du sol.

4.° Appareils microsismométriques.

Les avertisseurs doivent surtout indiquer l'existence d'un tremblement de terre et l'heure *précise* de son arrivée.

Les analysateurs doivent manifester non seulement l'existence, mais encore les formes, les phases et les répétitions des secousses, surtout lorsqu ils ont une certaine intensité.

Les indicateurs des trépidations du sol doivent n'avoir jamais besoin d'être remontés pour pouvoir révéler l'état de frémissement dans lequel souvent se trouve la terre.

L'expérience nous a appris que pour tous ces genres d'appareils, il faut en avoir plusieurs de différent mécanisme, ou de différente proportion du même mécanisme; car une secousse n'est presque jamais indiquée par toute sorte d'appareil. La raison en est fournie par deux faits qu'on peut vérifier dans tous les mécanismes, mais surtout dans les pendules. Le premier fait est le suivant. Chaque pendule d'après sa longueur oscille en un temps donné: par exemple celui de près d'un mêtre bat la seconde; celui de près de 25 centimètres fait 2 oscillations à la seconde. Si ces pendules reçoivent quelques impulsions conformes à ce rithme, ils seront naturellement fortement agités. Au contraire avec des impulsions qui se succèdent suivant un rithme différent, ils ne bougeront pas. Les agitations sismiques de la terre produisent des ondes de différente vitesse. Cette vitesse doit se trouver en rapport avec l'appareil sismométrique pour lui imprimer le mouvement.

L'expérience nous montre, en conséquence, que des tremblements de terre suffisamment sensibles ne laissent aucune trace sur un certain nombre d'instruments. Il arrive au contraire, qu'un tremblement de terre complétement inaperçu, est révélé par l'enrégistrement des appareils sismographiques. En Italie le tremblement de terre d'Agram du 9 novembre 1880, ne fût pas ressenti hors de la Vénétie. Les instruments sismométriques à pendule très long ont subi même dans l'Italie méridionale, des oscillations absolumment inconnues et qu'ils n'avaient jamais subies dans les violents tremblements de terre arrivés en Italie après le commencement de nos nouvelles études. Dans ce même tremblement de terre, pas un des instruments à court pendule, ou à mécanisme correspondant, n'a donné l'indication de la secousse. Peu de temps aprés, c'est-à-dire au 24 janvier 1881, un tremblement de terre très violent est arrivé à Bologne: des cheminées sont tombées, des lézardes se sont formées. Dans l'observatoire sismique bien connu de M. le Comte Malvasia, les mêmes pendules longs ont eu des oscillations insignifiantes; les petits appareils au contraire ont indiquée fidèlement le tremblement de terre considérable qui faisait fuir la population.

La même expérience nous a enseigné, que dans une série de secousses ayant lieu pendant une période de temps donné, les ébranlements terrestres sont enrégistrés, ou toujours, ou de préférenee, par le même instrument. Cela nous prouve que la terre dans ce cas s'agite avec des ondes de vitesse toujours égale. Il résulte des remarques faites jusq'ici que: 1.° il est préférable pour le choix des sismographes d'en avoir de formés par des pendules; 2.° on doit adopter des longueurs rationelles dans ces pendules pour avoir par les instruments mêmes des éléments reductibles en chiffres. Nous avons donc adopté comme pendules normaux un pendule d'un mètre de longueur environ, pour qu'il batte la seconde. On changera autant qu'on voudra le mécanisme enrégistreur, ou la manière d'observer l'instrument; mais on conservera toujours cette longueur conventionnelle d'un mètre. De même, on choisira comme proportions d'autres pendules des longueurs qui donnent pour

l'oscillation une fraction exacte de la seconde. Ces pendules à fractions de seconde seront agités plus souvent par les trépidations du sol.

Pendule de	0^m 99.9 =	Dans la seconde	1	oscillation
»	0^m 63.6 =	»	1 ¹/₄	»
»	0^m 44.1 =	»	1 ¹/₂	»
»	0^m 24.8 =	»	2	»
»	0^m 6.2 =	»	4	»

Le second fait, qui cause une apparente irrégularité dans la sensibilité des instruments, provient de la loi physique des vibrations, suivant laquelle il se forme dans un corps vibrant des nœuds et des ventres de vibration. Ce phénomène arrive toujours dans la masse terrestre qu'agite un tremblement de terre, et il joue un grand rôle, surtout dans les tremblements de terre extrêmement faibles. En pareil cas les localités situées sur un nœud de vibration, ne révèlent pas la secousse; et les instruments quoique sensibles ne signalent pas les mouvements terrestres. Au contraire, les endroits où se forment les ventres de vibration, éprouvent une secousse quelque fois très sensible au milieu d'aires qui n'ont pas été ébranlées. Nous savons par expérience que dans les grandes villes les petits tremblements de terre sont ressentis d'une manière très différente selon les différents quartiers. Les études sismométriques, et surtout les microphoniques, nous ont révélé que cette différence se vérifie même à des distances excessivement petites, et non seulement dans le même bâtiment, mais encore dans la même chambre et dans la même paroi.

Lorsq'il s'agit d'observer ou de s'expliquer l'agitation spéciale du sol que nous avons appelée *trépidation,* il faut user d'instruments et de précautions spéciales. Ces trépidations, qui sont très connues des sismologues, je les considère comme une forme d'ébranlement intermédiaire entre les secousses proprement dites et les mouvements microsismiques. Il est très difficile d'apercevoir ce genre de mouvemets sismiques dans les souterrains, ou aux rez-de-chaussées des édifices, de même qu'il est déjà assez difficile de s'y rendre compte des tremblements de terre qui ne sont pas violents. Ce genre d'ébranle-

ment devient appréciable aux étages élevés des bâtiments; et l'on y a besoin d'instruments capables de rendre les vibrations d'une certaine vitesse. On peut les observer facilement au moyen des pendules de 63, 44, 24, 6 centimètres de longueur et par de petits appareils où l'on emploie des ressorts de différente forme, des bains de mercure, et d'autres combinaisons mécaniques. Mais il est difficile d'appliquer à ces petits appareils, en dehors des pendules, les mécanismes enrégistreurs. A cet effet on peut tirer parti du microphone sismique dont je parlerai en décrivant les instruments. Nous exposerons bientôt les données normales sur les tremblements de terre, et par conséquent les expressions conventionnelles pour les signaler. Mais ici je dois faire connaître la convention adoptée pour exprimer ces trépidations. Puisque les appareils, par lesquels nous constatons les trépidations du sol, sont jusqu'à présent très peu déterminés et d'une grande variété, nous avons pris l'habitude d'apprécier l'état d'agitation de chacun des appareils employés par les quatre chiffres 1, 2, 3, 4. Ces chiffres correspondant à quatre degrés d'agitation, ont été depuis longtemps adoptés par le professeur Palmieri, pour indiquer l'état d'agitation qu'il observe dans ses appareils sismiques de l'observatoire du Vésuve.

J'ai dit qu'il faut user de précautions spéciales en observant les trépidations qu'on peut mieux aprécier aux étages supérieurs d'une maison. J'ai dit encore que ces trépidations proviennent ordinairement des vibrations terrestres douées de grande vitesse, qui peuvent par conséquent se confondre très facilement avec les secousses, mécaniques et accidentelles dues aux mouvements intérieurs d'une maison, au passage des voitures dans la rue, et à d'autres accidents. On doit donc pouvoir distinguer ces mouvements artificiels des naturels. D'abord il faut remarquer que l'expérience nous a enseigné que l'état vibratoire presque continu imprimé par ces mouvements locaux susénoncés, donne une capacité spéciale aux petits instruments pour traduire les vibrations naturelles, qui redoublent leur état de trépidation. Cette expérience nous prouve en même temps la réalité de l'existence de ces trépidations sismiques. Il suffit

de comparer l'état vibratoire des instruments lorsqu'on entend la cause locale du mouvement, avec ce même état lorsqu'on a des vibrations beaucoup plus grandes, sans ou avec la cause locale susdite, pour se persuader qu'il existe certaines périodes de temps durant lesquelles une cause naturelle produit des trépidations dans le sol.

C'est surtout l'étude de ces trépidations qui vient de révéler un problème nouveau dans la sismologie; problème sur lequel nos connaissances sont encore bien arriérées, mais que je dois signaler pour honorer l'un de nos plus zélés sismologues italiens, qui a voulu l'aborder le premier. C'est M. le professeur Galli, directeur de l'Observatoire météorologique de Velletri. Il s'est proposé de chercher la manière de compter les impulsions sismiques terrestres, soit dans les trépidations du sol, soit dans les agitations microsismiques; cette recherche lui a donné de beaux résultats, et il a inventé et conduit presque à perfection un nouvel appareil spécial qu'il veut appeler *sismodinamographe*. De même, un autre instrument inventé par M. Cecchi, pour servir d'avertisseur sismique, me paraît capable d'être utile à ce genre de recherches. J'y ai fait quelque modification, et je suis arrivé à l'employer au même effet que M. Galli. Je parlerai en détail de cette partie, lorsque la description des instruments et le développement des recherches sur ce point l'exigeront. Pour le moment, il suffit de dire que la statistique graphique des impulsions subies par son instrument, a fourni à M. Galli une courbe qui donne les périodes des trépidations évidemment naturelles et indépendantes des causes locales, et ce qui est plus concluant, en correspondance avec d'autres phénomènes météorologiques et géodinamiques.

Après les généralités précédentes sur les tremblements de terre, il faut déterminer les éléments qu'on doit tâcher de constater en observant ce phénomène.

§. 2.

Osservazioni sui terremoti.

Intorno ai terremoti, i dati che conviene determinare più o meno secondo che si può, sono i seguenti:

1. Semplice indicazione di una scossa avvenuta o di tremiti avvertiti e prolungati.
2. Ora delle scosse o dei tremiti.
3. Ripetizione delle scosse.
4. Qualità della scossa, cioè se sussultoria od ondulatoria.
5. Direzione dell'ondulazione secondo la rosa dei venti.
6. Intensità o forza del moto, secondo la scala che segue.
7. Durata delle onde sismiche.
8. Direzione dalla quale venne il primo impulso.
9. Se vi fu rombo o tuono sotterraneo.
10. Quanta fu la lunghezza maggiore dell'area scossa, ossia quali furono i punti estremi che subirono la scossa.

Per rispondere al dato n. 6 è stata adottata la seguente scala convenzionale di forza dedotta dagli effetti che essi

§. 2.

Observations sur les tremblements de terre.

Les renseignements à déterminer sur les tremblements de terre ont été classifiés selon la méthode suivante:

1. Simple indication d'une secousse ou de trépidations bien constatées et longues.
2. Heure des secousses, ou des trépidations.
3. Repétition des secousses.
4. Genre de la secousse, verticale ou horizontale.
5. Direction de l'ondulation.
6. Intensité du mouvement (voir l'échelle conventionnelle).
7. Durée du mouvement.
8. Direction de la première impulsion des ondes sismiques.
9. Bruit souterrain.
10. Indiquer la longueur de l'aire ébranlée, ou bien les points extrêmes qui ont ressenti la secousse.

Pour donner les renseignements relatifs à l'intensité (n. 6) on a adoptée en Italie dès 1873 une échelle conventionnelle, a-

producono. Questa scala adottata in Italia fin dal 1873 fu testè migliorata e concordata con la Commissione sismologica svizzera.

fin de déterminer par un chiffre la force du mouvement. Cette échelle déduite des effets produits par une secousse, vient être complétée d'accord avec la Commission Suisse de sismologie.

1. Scossa microsismometrica accennata dai sismografi di uno stesso sistema o determinata da un sismologo.

1. Secousse microsismométrique, notée par un seul sismographe, ou par des sismographes de même modèle, mais ne mettant pas en mouvement plusieurs sismographes de systèmes différents, constatée par un observateur exercé.

2. Indicata dai sismografi di sistemi diversi e sentita da qualche persona.

2. Secousse enrégistrée par des sismographes de système différent; constatée par un petit nombre de personnes au repos.

3. Avvertita dall'uomo in uno stato di quiete o da molte persone, annunziata dai giornali e da persone che non si occupano di sismologia, e della quale sono valutate la durata e la direzione.

3. Secousse constatée par plusieurs personnes au repos, assez forte pour que la durée ou la direction puissent être apréciées.

4. Notata dall'uomo in uno stato di attività; tremolìo di soprammobili, di cristalli e di infissi, scricchiolìo d'impalcature.

4. Secousse constatée par l'homme en action; ébranlement des objets mobiles, des portes et fenêtres, craquement des planchers.

5. Tremolìo di mobili; scossa avvertita in generale da molte persone, accennata da qualche tocco isolato di campanello. scuotimento di letti.

5. Secousse constatée généralement par toute la population, ébranlement des objets mobiliers, meubles et lits, tintement de quelques sonnettes.

6. Risveglio quasi generale delle persone addormentate, suono più o meno generale di campanelli, oscillazioni di lampade, arresto di orologi, tremito visibile o sensibile degli alberi e degli arbusti; quando narrasi che fortunatamente non accaddero danni; quando per timore o per prudenza taluno esce all'aperto.

6. Réveil général des dormeurs; tintement général des sonnettes, oscillation des lustres, arrêt des pendules; ébranlement apparent des arbres et arbustes. Quelques personnes effrayées sortent des habitations.

7. Caduta di oggetti mobili, di calcinacci, suono di campane, spavento generale senza danni.

7. Renversement d'objets mobiles, chûte des plâtras; tintement des cloches dans le églises; épouvante générale sans dommages aux édifices.

8. Caduta di fumaiuoli, lesioni nei fabbricati, fuga dalle case.

8. Chûte des cheminées, lézardes aux murs des édifices.

9. Caduta totale o parziale di edifizi.

9. Destruction partielle ou totale de quelques édifices.

10. Gravi disastri, ruine, vittime, frane di terreni, fenditure nel suolo, scoscendimenti di montagne.

10. Grands désastres, ruines, bouleversement des couches terrestres, fentes à l'écorce du globe, éboulement des montagnes.

La série des données à rechercher n'a pas besoin d'être éclaircie. Il suffira seulement de quelques renseignements pour le choix des appareils à adopter. Nous avons parlé des avertisseurs. Ce genre d'instruments est destiné surtout à constater l'existence d'une secousse, et par conséquent, selon leurs différentes conceptions mécaniques, ils pourront surtout fournir plus ou moins les cinq premières données. Mais ce qui est essentiel dans ce genre d'instruments, c'est la 2^me^ donnée relative à l'heure de la secousse. Un effet très rare de ces appareils c'est la 3^me^, c'est-à-dire l'enrégistrement de la répétition des

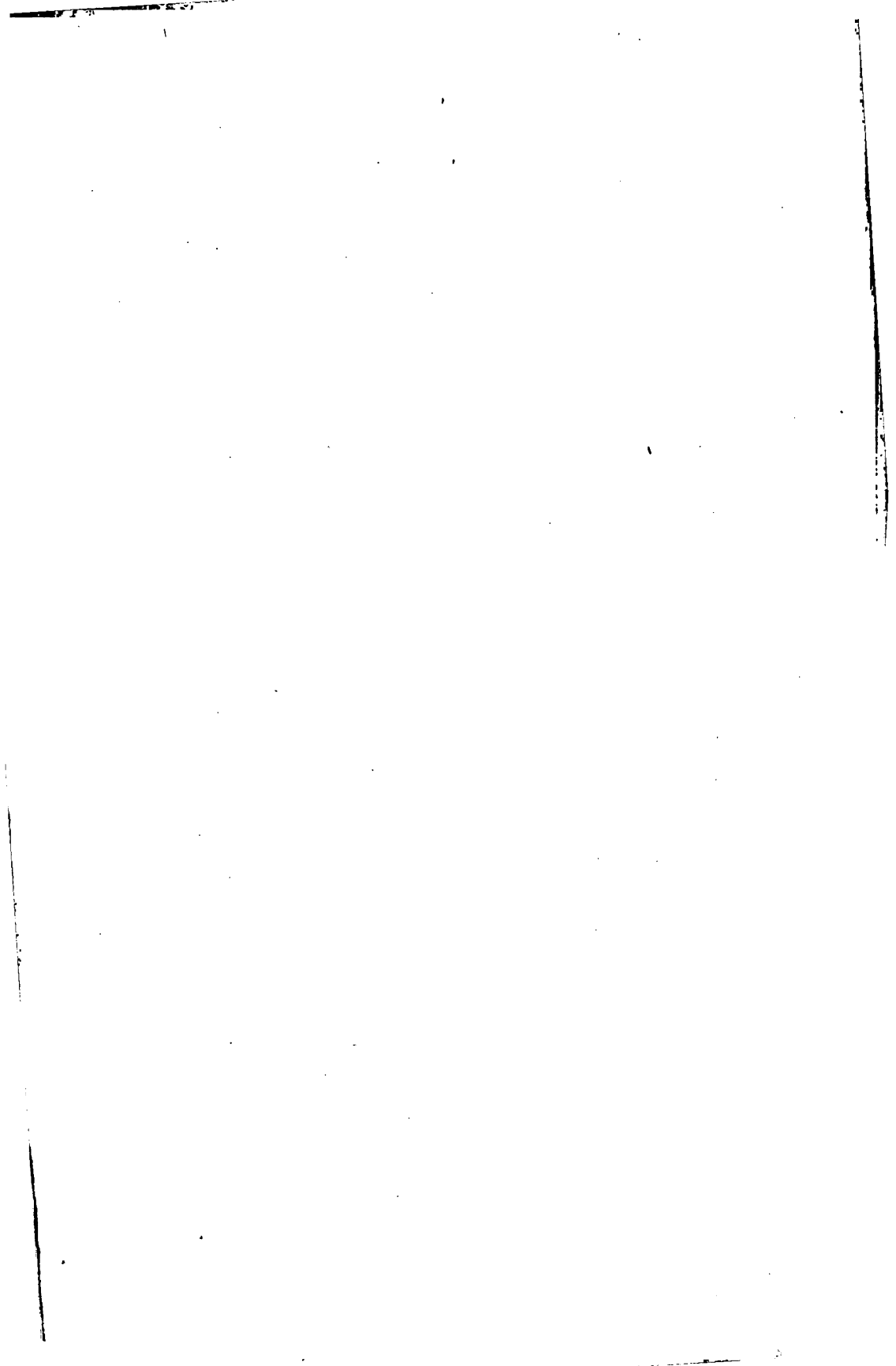
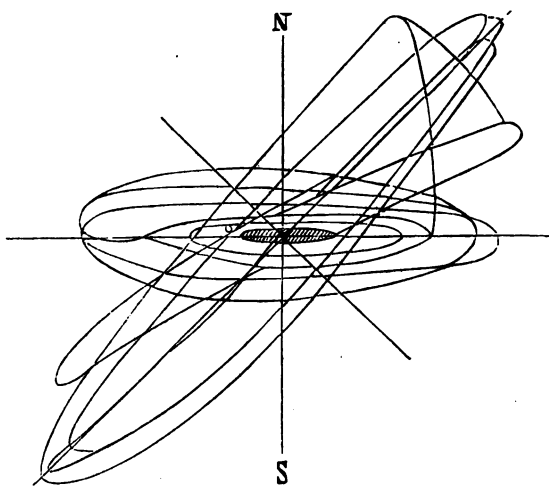



Figure du tremblement de terre de Manille du 20 Juillet 1880.

secousses. Les avertisseurs ordinairement lorsqu'ils ont fonctionné, ont besoin d'être remontés pour pouvoir donner avec précision leur indication principale de l'heure du mouvement. Il est préférable d'obtenir ces données par un mécanisme qui au moment du choc sismique imprime le mouvement à une montre mise sur 12 heures. La montre n'a pas besoin d'être un chronomètre. Il suffit de contrôler son mouvement après qu'elle a commencé à marcher pour retrouver en arrière la minute précise du premier choc sismique. Le contrôle de la marche de la montre sera facile partout avec le télégraphe qui fournira l'heure exacte de la ville capitale de l'Etat. Dans la description des instruments que nous allons faire ci-après, on trouvera une nouvelle invention du R. P. Egidi, par laquelle on peut constater l'heure exacte par l'observation du soleil, sans instruments astronomiques.

Les appareils analysateurs des secousses doivent signaler plus ou moins presque entièrement la série des données à l'exception des numéros 9 et 10. Mais leur qualité essentielle ne sera pas toujours la même, car il y aura des analysateurs destinés à donner tous les détails d'un seul tremblement de terre, et il y en aura d'autres destinés à établir la donnée n.o 3, c'est-à-dire la répétition des secousses, donnée pour laquelle ils doivent être prêts à fonctionner indéfiniment. Dans ce genre d'instruments il y a, et il y aura toujours, une grande variété d'appareils à choisir. Mais il faut se rappeler qu'on ne doit pas abandonner les pendules, surtout celui d'un mètre. Je voudrais appeler *analysateur normal* pour l'analyse d'une seule secousse, celui qui a été inventé par le P. Cecchi, et qui reproduit le plus exactement l'effet des anciens sismographes sillonant du sable. Un pendule très lourd, d'un mètre de longueur, portant au dessous, sur un plat, du papier glacé noirci à la fumée, y reçoit, lorsqu'il bouge les traces de ses ondulations au moyen d'une pointe d'aiguille fixée à la paroi. Voici un des tracés faits par ces sismographes à Manille le 20 juillet 1880.

Dans la description détaillée des instruments, je décrirai mon protosismographe qui appartient à la classe des analysateurs, dont la fonction essentielle est l'enrégistrement des répétitions

des secousses. Cet appareil formé par un pendule d'un mètre de longueur, est toujours prêt à fixer directement avec une grande simplicité, la série des données depuis le n.° 1 jusqu'au n.° 5 et 8, et indirectement les n.os 6 et 7.

Ces appareils enrégistreurs et analysateurs donneront toujours ce qui forme la caractéristique de la véritable secousse de tremblement de terre, c'est-à-dire le mouvement plus ou moins isolé et de petite durée. Mon protosismographe par une petite modification que je décrirai à sa place, devient un microsismographe. Nous parlerons des microsismographes lorsque nous nous occuperons des mouvements microsismiques. Mais ici il est nécessaire d'indiquer que lorsque le microsismographe trace des mouvements isolés et de petite durée, il révèle de véritables tremblements de terre de la même manière que les autres instruments sismographiques. Seulement, il faut remarquer que le microsismographe à cause de son extrême sensibilité, lorsqu'il donne ces mouvements isolés, révèle très souvent des tremblements de terre arrivés dans des régions éloignées. Nous en avons eu des exemples éclatants en Italie à l'occasion du tremblement de terre d'Agram du 9 novembre 1880, de Chio du 3 avril 1881, et de Manille.

Les appareils, que nous avons appelés indicateurs des trépidations du sol, sont ordinairement des instruments qu'on doit observer de temps en temps et qui difficilement peuvent devenir des enrégistreurs automatiques excepté s'ils sont de petits pendules. Mais dans cette branche nous avons indiqué le progrès commencé déjà surtout par M. Galli. Les données relatives aux trépidations du sol peuvent être prises quelque fois même dans les avertisseurs, ou dans les instruments plus élevés. On comprend bien que cela dépend de la pratique de l'observateur.

Il dépend encore de cette pratique d'apprécier les véritables secousses qu'on peut voir signalées par les indicateurs des trépidations, et surtout par ceux qui sont formés avec de petits pendules. Leurs agitations isolées, vues directement, ou indiquées par les enrégistrements automatiques, représentent des secousses, dont les ondes sismiques ont eu une grande vitesse.

§. 3.

Mouvements microsismiques.

Nous avons déjà dit que ce qui caractérise les agitations microsismiques, c'est la continuité du mouvement variable de sa force, mais toujours insensible, et durant plusieurs heures, et même plusieurs jours. Mais nous avons encore analysé les trépidations du sol, et nous les avons appelées une forme d'agitation sismique intermédiaire entre les véritables tremblements de terre et les mouvements microsismiques. Les trépidations ébranlent le sol avec une certaine vitesse et une certaine longueur de mouvement. On conçoit bien par conséquent que lorsque la longueur de l'ébranlement et la lenteur des ondes sont augmentées, on entrera dans la forme microsismique. Par conséquent les appareils que nous avons appropriés aux trépidations du sol, conviendront, dans une certaine mesure, même aux observations microsismiques, c'est-à-dire, lorsque les mouvements microsismiques auront leur continuité caractéristique, mais pas trop de lenteur dans les ondes terrestres.

Si je voulais ici développer toutes les instructions relatives à la microsismologie, résultant de notre expérience décennale en Italie, je devrais aborder des détails trés importants, mais très minutieux et très longs, quoique très démonstratifs de l'existence de ce genre de bourrasques endogènes terrestres. Je renvoie le lecteur, comme partout dans ce programme, à mon ouvrage *La meteorologia endogena,* et particulièrement au second volume.

Ce qui est essentiel dans la microsismologie, c'est de décrire les points conventionnels que l'expérience nous a fait déterminer pour faire des observations comparables dans les différentes localités. La lenteur et la continuité des mouvements microsismiques exige des pendules trés longs pour en saisir les mouvements, soit directement à l'œil, soit par l'enrégistrement automatique. C'est surtout dans les observations

directes que les longs pendules sont utiles puisqu'ils conservent longtemps leurs oscillations.

Nous avons déja fait voir que le pendule d'un mètre battant la seconde, peut être considéré comme un pendule de longueur moyenne, et comme point de départ pour obtenir l'indication des ondes sismiques à grande vitesse en les diminuant de longueur, et l'indication des ondes sismiques à grande lenteur en augmentant les longueurs de ce pendule.

Puisque conventionellement nous avons approprié le pendule de 0^m, 63^c et audessous, aux observations des trépidations, nous destinerons les pendules d'un mètre et plus, aux observations des mouvements lents et microsismiques.

Le R. P. Bertelli qui a été le premier à découvrir ces mouvements microsismiques, a appellé tromomètres les instruments à long pendule, appropriés par lui à ce genre de recherches. En commençant ces études, il avait construit des tromomètres de 3^m 30 de longueur; mais sur ma proposition, il est convenu avec moi de composer un tromomètre normal de proportion moins difficile à placer et qui représente une longueur moyenne, parmi les longs pendules, c'est-à-dire 1^m 50. Ce tromomètre aujourd'hui a été généralement adopté par les observatoires d'Italie. On doit suspendre très solidement à un fil métallique de cuivre excessivement fin (n.° 12 de commerce, diamètre: $\frac{1}{10}$ de millimètre), un poids de 100 grammes, et garantir ce pendule contre toute espèce d'agitation, surtout celle que pourrait produire l'air. Ce pendule d'1^m,50 marque 49 oscillations à la minute. On le regarde avec un microscope quelconque, mais dont l'oculaire soit muni d'un micromètre qui permet d'évaluer en chiffres l'amplitude des oscillations.

Ces conditions forment la partie essentielle du tromomètre normal. On trouvera à la description des instruments, et plus encore dans mon ouvrage précité, les différentes manières pratiques de construire cet appareil.

Les conditions susdites ne suffisent pas pour avoir des observations comparables. Le point choisi pour y établir l'appareil, la manière dont il est fixé à la paroi, sa connexion

plus ou moins solide avec les roches, sa distance variable de la superficie du sol, donnent des facteurs qui ont une grande importance pour faire varier les conditions statiques du tromomètre. Par conséquent nous avons trouvé nécessaire d'établir un cöefficient pour réduire à une unité générale les observations sur les différents tromomètres. Nous avons appellé cette unité: *unité conventionelle d'intensité microsismique*. Voici la manière d'obtenir cette unité pour chaque tromomètre.

Il faut établir avant tout le nombre n des parties micrométriques du tromomètre installé dans l'observatoire.

Ce nombre n doit représenter le *medium* des *media* des valeurs linéaires des observations faites aux mois d'avril et de mai, *medium* qui correspond à peu près au vrai *medium* de l'intensité locale. Ce nombre donné par le *medium* susdit correspond à l'intensité I.

Ensuite on trouve la valeur de l'intensité x de l'unité 1 de l'échelle micrométrique par la proportion suivante:

$$n : I :: 1 : x$$

d'où

$$x = \frac{1}{n}$$

Cette fraction $\frac{1}{n}$ se développe en décimaux jusq'au 4[me] chiffre, afin de rendre facile la construction de la table de réduction et pour obtenir toutes les valeurs de la table même assez exactes. Mais dans la pratique on peut enrégistrer seulement deux des chiffres décimaux de ces valeurs. Ayant trouvé ainsi la valeur d'intensité de l'unité de l'échelle micrométrique, on recherche la valeur de $\frac{1}{10}$ et de $\frac{1}{100}$, en divisant cette valeur par 10 et par 100. Puis en faisant l'addition par une, deux trois fois etc. de la valeur d'intensité correspondante à $\frac{1}{10}$ ou à $\frac{1}{100}$ on trouve la valeur de $\frac{2}{10}, \frac{3}{10}, \frac{4}{10} \ldots \frac{9}{10}$ ou $\frac{2}{100}, \frac{3}{100}, \frac{4}{100} \ldots \frac{9}{100}$.
Pour obtenir enfin l'intensité correspondante à 1,1 ; 1,2 ; 1,3 etc. il suffit d'additionner une, deux, trois fois etc., la valeur intensive

de $\frac{1}{10}$ avec la valeur correspondante à 1,0. De cette manière on obtiendra cette valeur pour 2,0; 2,1; 2,2; 2,3 etc. 3,0; 3,1; 3,2; 3,3 etc.....

Cette méthode d'addition très simple, permet de vérifier l'exactitude de la progression du calcul, car les valeurs intensives des unités 2,0; 3,0; 4,0 etc., doivent être composées des chiffres mêmes qui composent les décimaux 0,2; 0,3; 0,4 ecc. en n'ayant déplacé que la virgule, selon les règles des décimaux. En avançant à gauche la virgule de deux chiffres, dans les unités 1,0; 2,0; 3,0 etc., on aura les valeurs des centièmes de l'unité micrométrique.

Nous avons dit que pour l'enrégistrement des valeurs intensives, il suffit d'écrire seulement les deux premiers chiffres décimaux. Mais lorsque le 3me chiffre dépasse le n.° 5, ou en approche, il faudra ajouter une unité à la 2me, comme on le verra dans la table suivante.

Par exemple: dans le tromomètre normal de Bologne, le *medium* des *media* d'avril et de mai est 0,67. Donc pour le tromomètre de Bologne $n = 0,67$. Formons la proportion selon la méthode indiquée:

$$0,67 : I :: 1 : x$$

d'où

$$x = \frac{1}{0,67} = 1,4925.$$

Ce dernier chiffre représente la valeur intensive correspondante à l'unité linéaire. En conséquence la valeur correspondante au dixième, sera 0,14925, et celle correspondante au centième 0,014925.

D'après ce principe on peut construire aisément la table de réduction par des additions successives, come le montre la table suivante.

Valeur linéaire	Intensité non reduite	Intensité reduite
0,01	0,014925	0,01
0,02	0,029850	0,05
0,03	0,044775	0,04
0,04	0,059700	0,06
0,05	0,074625	0,08

Valeur linéaire	Intensité non reduite	Intensité reduite
0,06	0,089550	0,09
0,07	0,104475	0,10
0,08	0,119400	0,12
0,09	0,134325	0,13
0,10	0,149250	0,15

Les ondulations microsismiques indiquées essentiellement par le tromomètre normal, le sont encore, selon ce qui a été dit, par des pendules d'autre longueur de la série à lentes ondulations que nous avons proposé de prendre du mètre à peu près en plus. Nous rappellerons ici que la continuité de l'ondulation caractérise l'agitation microsismique. Par conséquent lorsque les pendules d'un mètre à peu près en plus, enrégistreurs ou non, accusent des mouvements de longue durée, ils révèlent des bourrasques microsismiques. Voilà pourquoi mon protosismographe même donne quelque fois l'effet d'un véritable microsismographe. Mais comme je l'ai déjà dit, j'ai introduit dans cet appareil une modification par laquelle il prend une très grande sensibilité, et devient l'appareil que j'ai appellé microsismographe. Pour obtenir cet effet j'ai réuni au pendule d'un mètre d'autres pendules plus courts, dont le plus petit est toujours beaucoup plus long que celui de 63 centimètres par lequel nous avons commencé la série des pendules propres à rendre les vibrations de grande vitesse, que nous avons appellées vibrations du sol. La description de l'appareil montrera sa manière de fonctionner.

§. 4.

Les oscillations lentes du sol, ou dénivellements des continents.

Les géologues ont démontré qu'il existe des oscillations lentes du sol, dont on s'aperçoit seulement par le changement de niveau des continents. Ces oscillations sont insensibles et lentes, et par suite elles appartiennent en quelque manière à la microsismologie. Elles ne produisent pas de vibrations

dans le sol: elles y causent seulement un déplacement. Dans mon ouvrage j'ai réuni un grand nombre d'observations pour démontrer que ce fait est sensible non seulement aux bords de la mer, mais encore dans l'intérieur des continents. J'ai même démontré que quelque fois les bourrasques microsismiques que nous étudions dans les observatoires, consistent uniquememt en de véritables déplacements temporaires de la verticale du pendule.

Quoique l'existence de ce fait soit positive, je n'ose pas dans ce programme et ces instructions sommaires, discuter les méthodes par lesquelles on pourrait faire des observations sûres à ce sujet. Je renvoie donc le lecteur à mon traité précité, et j'en ferai plus tard le sujet d'autres écrits.

Parmi les instruments je decrirai le tromodeclinomètre inventé par M. A. de Andreis qui est très utile dans ce genre d'observations.

Je veux seulement ici donner quelques conseils aux voyageurs. Ils doivent surtout recueillir des documents sur les changements arrivés de mémoire d'homme sur les points culminants des montagnes, en tâchant d'en bien constater la vérité. Ils doivent aussi observer directement les édifices, les monuments de l'antiquité et les lignes d'ancien niveau des eaux.

Ils devront particulièrement établir sur les roches des points d'observation, où les voyageurs de l'avenir pourront renouveler ces recherches et apprécier les dénivellements s'il en est arrivé.

§. 6.

Conclusions, résumé et rédaction des bulletins géodynamiques.

Puisque la difficulté de la matière nous a forcè d'entrer dans une foule de détails qui l'ont peut-être rendue quelque fois obscure, nous allons ici résumer et formuler d'une manière plus pratique tout ce qui se rapporte à la partie réglementaire des observations sismiques. Les conditions statiques, géologiques et topographiques conseillées pour l'installation des observatoires, n'ont pas besoin de beaucoup d'éclaircissements. Mais

il faut rappeler que les observations faites aux différents étages d'un bâtiment ont leurs avantages et leurs désavantages. La solidité des souterrains et des rez-de-chaussées est un gage de la nature sismique du mouvement observé, mais il s'y manifeste très-faiblement, tandis qu'aux étages supérieurs, il subit une multiplication fort utile pour constater un plus grand nombre de mouvements. Seulement elles ressentent l'effet des causes extérieures et accidentelles. Ces causes n'ont pas une grande influence sur les mouvements des pendules d'une certaine longueur, mais elles agissent beaucoup sur les appareils à vibration de grande vitesse. Par conséquent un observatoire sismique pour être dans des conditions parfaites, devrait se placer à la hauteur d'un dernier étage, mais sur un pilier isolé et solide fondé au milieu d'un puits, sur les stratifications géologiques les plus profondes. Ce pilier se bâtirait à l'intérieur d'un édifice, qui devrait lui servir comme de cage seulement.

D'après tout ce que nous avons dit, on a compris que pour bien constituer un observatoire sismique, il faut y réunir un grand nombre d'instruments très variés et de différente proportion. Mais pour donner même à cet égard quelques renseignements, nous devons déclarer qu'un observatoire sera suffisamment complet lorsqu'il possédera un tromomètre normal, un microsismographe, un microphone, quelquels indicateurs des trépidations du sol, et surtout plusieurs pendules des longueurs différentes rationnelles données, un analysateur normal, un protosismographe, et plus d'un avertisseur de différent système. Pour résumer clairement ce que nous venons de dire sur les instruments et sur les différentes formes des mouvements terrestres, nous donnons le tableau suivant.

Tableau des formes des mouvements terrestres et des appareils qui les indiquent

Mouvements	Formes	Appareils	
I. Secousses	Chocs instantanés ou vibrations courtes horizontales ou verticales, sensibles ou insensibles, lentes ou à grande vitesse.	Avertisseurs et analysateurs: analysateur normal: mouvements isolés des pendules.	**Enrégistreurs ou à observer**
II. Trépidations	Vibrations prolongées horizontales ou verticales, sensibles ou insensibles à grande vitesse.	Pendules courts de 63^{cm} et moins, microphone, ressorts spéciales, bains de mercure etc.	
III. Ondulations microsismiques	Ondulations lentes et insensibles de longue durée.	Pendules longs d'1^{m} et plus, tromomètres, tromomètre normale.	
IV. Oscillations lentes du sol.	Dénivellements du sol sans vibration.	Comparaison historique des points fixes: niveaux, pendules et autres appareils de précision construits exprès.	

Tavola delle forme de' movimenti sismici e degli istrumenti per constatarli

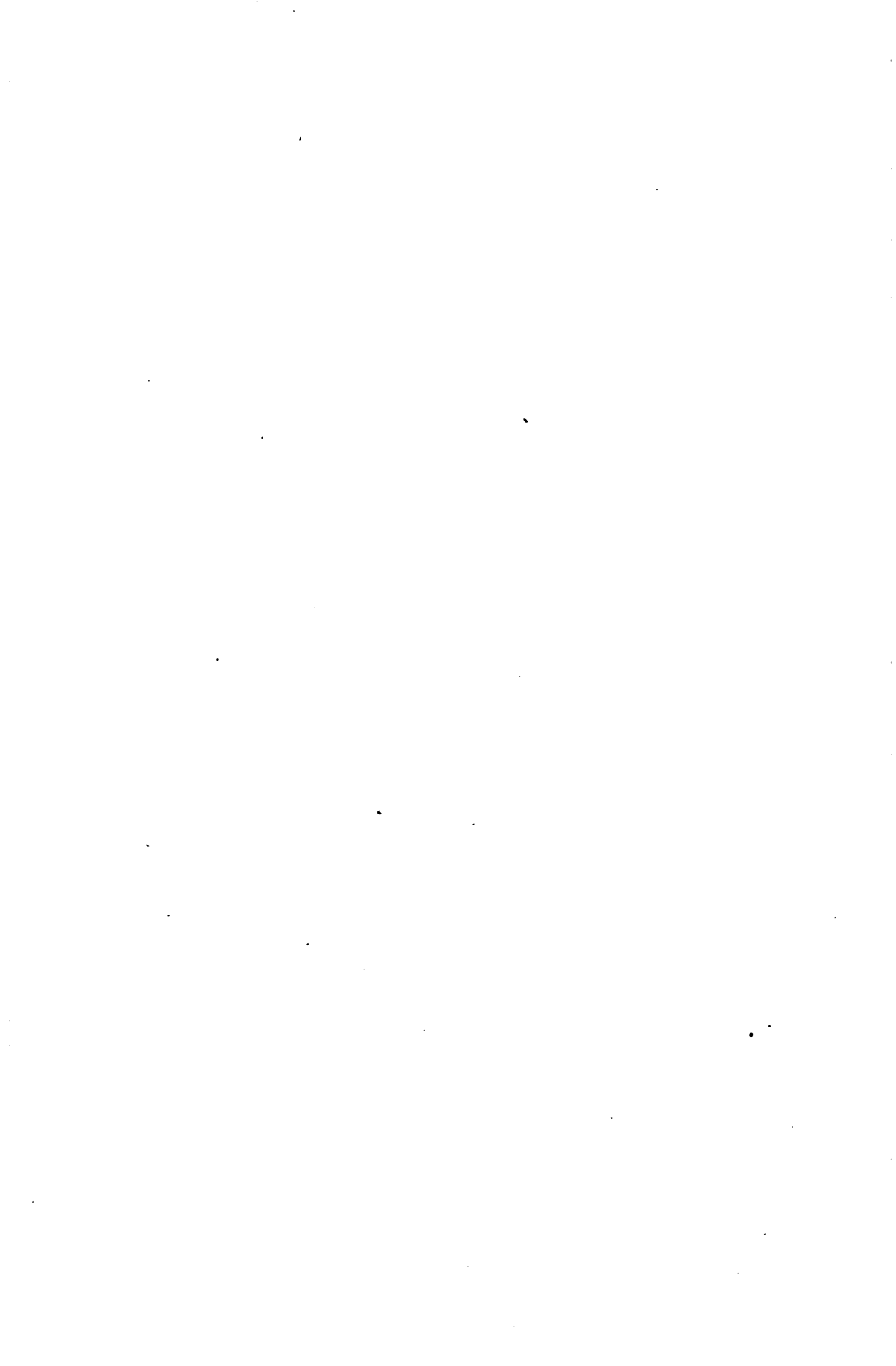
Forma	Descrizione	Istrumenti (Registratori o da essere osservati)
I. Scossa	Urto istantaneo o vibrazione breve ondul: o sussultoria, sensibile o insensibile lenta o celere.	Avvisatori ed analizzatori: analizzatore normale: moti isolati dei pendoli.
II. Tremiti	Vibrazioni prolungate ondulatorie o sussultorie, sensibili o insensibili assai celeri.	Pendoli corti da cent. 63 in meno: microfono, apparecchi a molla: spiraline: bagni di mercurio ecc.
III. Ondulazioni microsismiche	Ondulazioni lente ed insensibili di lunga durata.	Pendoli lunghi da un metro in più, tromometri; tromometro normale.
IV. Oscillazioni lente del suolo	Spostamenti di livello del suolo avvenuti senza vibrazione.	Confronti storici di punti fissi: livelli: pendoli ed altri apparecchi di precisione costruiti espressamente.

D'après ce tableau, ceux qui se trouvent obligés d'improviser une série d'observations à l'occasion de quelque période sismique survenant dans une localité dépourvue d'instruments, pourront se procurer des moyens d'observation combinés par des objets quelconques, mais qui peuvent remplir les fonctions des appareils. Par exemple: si on place sur le devant d'une fénêtre plusieurs pièces de *domino* superposées verticalement, et orientées selon la rose des vents, on aura fait un avertisseur, qui pourra même faire marcher, ou arrêter une montre. Si on fait des pendules ayant à l'extrémité inférieure une aiguille qui péuètre dans de la poussière, on peut avoir des renseignements précieux, surtout si l'on a le soin de règler les longueurs de ces pendules selon les principes que nous avons formulés. Je rappelle volontiers ici ce que j'ai dit à propos des trépidations, c'est-à-dire, qu'on peut indiquer l'état d'agitation des pendules ainsi improvisés par les numéros 1, 2, 3, 4.

Nous aurons soin, en décrivant les instruments, d'indiquer les appareils capables d'être montés à l'aide de moyens improvisés, comme ces deux derniers.

Il ne sera pas inutile de décrire ici la manière pratique que nous employons chaque jour en faisant le tableau des observations. Ce tableau est divisé en colonnes verticales dont la première indique les heures des observations, les autres sont subdivisées en colonnes fractionnaires. Chaque division principale correspond à un groupe d'instrument: c'est-à-dire, les microsismométriques, les indicateurs de la trépidation du sol et les avertisseurs et analysateurs. Les subdivisions correspondent aux différents appareils, indiqués plus haut. Les chiffres des observations correspondent à la manière d'évaluer que nous avons déjà décrite à leur place. Ici nous devons seulement expliquer les signes de convention choisis, pour enrégistrer les différents bruits perçus par le microphone sismique.

Dans la *Meteorologia endogena* et aussi dans la première partie de ce programme, j'ai décrit les procédés de nos expériences microphoniques, analysé et classé les différentes formes de bruits. Maintenant il suffira de donner matériellement la sé-

d'observatoires météorologiques qui ont l'habitude de publier chaque jour le bulletin de l'état atmosphérique, d'y joindre le bulletin de l'état du dynamisme terrestre. Depuis deux années le bureau central météorologique de Rome reçoit de moi la note de cet état et il l'a introduite dans son bulletin de chaque jour. J'ai décrit dans le *Bullettino del Vulcanismo italiano*, Anno VIII, p. 221, la méthode suivant laquelle je rédige cette note. Ici je donnerai en peu de mots la même explication modifiée et améliorée.

Selon l'ordre même du tableau des formes des mouvements terrestres le bulletin enregistre:

1.° Secousse, ou indice de secousse, ou trace de secousse.

2.° Trépidations du sol: traces de trépidations du sol: bruits du microphone.

3.° Ondulations microsismiques, ou traces microsismographiques.

Dans le tableau précité on signale suffisamment les sources qui fournissent ces trois séries de données sismiques. Nous rappellerons ici seulement que lorsque dans le bulletin nous marquons *traces de secousses*, ou *traces de trépidations* etc., c'est qu'un appareil enregistreur automatique nous les a indiquées. Lorsque nous disons *indice de secousse*, c'est qu'il n'y a eu ni trace, ni autre signe régulier d'une petite secousse, mais c'est l'ensemble des observations directes faites sur les instruments, et comparées quelquefois avec d'autres indices sensibles, qui autorise le sismologue expérimenté à juger qu'il y a eu une petite secousse terrestre.

V.

Des observations non sismiques à organiser dans les observatoires.

Nous avons indiqué déjà qu'il est bon d'organiser dans les observatoires d'autres recherches complémentaires, soit des phénomènes météorologiques, soit des phénomènes géodynami-

ques, qui souvent se manifestent comme conséquences des mouvements sismiques, mais qui quelquefois semblent être des manifestations directes du dynamisme terrestre.

§. 1.

Phénomènes météorologiques.

Parmi les phénomènes météorologiques nous recommandons surtout l'observation de la pression barométrique, du vent, de la pluie, de la température et de l'état hygrométrique de l'air. Les observations faites par M. Palmieri à l'occasion du tremblement de terre de Melfi, ont démontré que pendant les périodes sismiques, même l'électricité atmosphérique se trouve en rapport avec l'agitation de la terre. Je renvoie les lecteurs à mon ouvrage *La Meteorologia Endogena* pour voir comme il est intéressant de suivre les phénomènes électriques et magnétiques du sol, et surtout les aurores boréales, en comparaison avec les tremblements de terre. Pour ce qui se rapporte aux courants électriques extraordinaires, qui se manifestent dans les fils télégraphiques, le R. P. Serpieri a proposé un service spécial, qui a été organisé dans les bureaux télégraphiques de l'État. Les observations faites par les officiers télégraphistes sont déjà, depuis plusieurs années, publiées en Italie par le Bulletin des télégraphes. Sur cette question des courants électriques du sol, j'ai fait plusieurs essais, et j'en ai donné dans mon Bulletin du vulcanisme plusieurs relations. Mais puisque j'ai engagé le professeur Galli, de Velletri, à s'occuper d'une manière spéciale de cette partie, je ne puis mieux faire que de reproduire une petite instruction avec un résumé des résultats qu'il a publiée dernièrement, précisément pour faire connaître la méthode nouvelle, suivant laquelle nous avons entrepris d'observer les courants électriques du sol.

§. 2.

Sûr les courants électriques du sol observés à Velletri par M. I. Galli.

« Dès le mois de mars de l'année 1879 je me suis occupé des courants électriques, qui circulent sous la superficie du sol: et à présent je crois être arrivé non seulement à la méthode la plus sûre pour les étudier et en mesurer l'intensité, mais encore à mettre hors de doute leur existence continuelle et régulière, leur variations périodiques, leur dépendance d'un courant unique, et par conséquent leur grande importance au point de vue scientifique.

« On sait que les premières études sur les courants terrestres, entreprises suivant la théorie ampérienne du magnétisme, remontent à près de 35 ans (Barlow-1847), et qu'elles furent plusieurs fois répétées, surtout en Angleterre et en Italie. On se servit presque toujours des lignes télégraphiques, en interrompant la communication avec les piles, et mettant les deux extrémités de chaque ligne en plein contact avec le sol au moyen de plaques métalliques (cuivre, fer ou zinc). On obtenait ainsi un courant dérivé, et un galvanomètre introduit dans la ligne télégraphique en indiquait la direction et l'intensité.

« Les résultats obtenus ont été différents, et souvent contradictoires: les conclusions rares et indécises. Néanmoins tous les observateurs furent persuadés de l'existence réelle des courants terrestres. Celà veut dire que la méthode n'était pas la plus opportune, et que plusieurs phénomènes étrangers venaient sans ordre altérer, et même cacher quelquefois, les caractères des vrais courants naturels.

« En réalité il est facile d'observer - 1.° que les lignes télégraphiques ne peuvent être toujours à la disposition exclusive de toute le monde pendant des mois ou des années; - 2.° qu'elles ne sont pas orientées pour un bût scientifique; - 3.° que l'isolement des fils ne peut convenir à de faibles courants, comme il en est pour les courants terrestres; - 4.° que

la matière des fils, et bien plus encore leur longueur, opposent une résistance disproportionnée; - 5.º que chaque ligne est toujours exposée aux influences nombreuses et variables de tous les phénomènes atmosphériques; - 6.º que les électrodes s'enfoncent dans le sol à une grande distance l'un de l'autre, et par celà même dans des terrains dissemblables par leur composition, fermeté, inclinaison, altitude, humidité etc.; - 7.º que les plaques elles-mêmes, composées de metaux facilement oxydables, sont continuellement altérées par l'action chimique.

« Il était donc nécessaire d'imaginer et d'expérimenter un appareil tout-à-fait indépendant et à l'abri des complications produites par d'autres phénomènes, et en même temps assez commode et économique pour être monté en peu de temps et sans trop de frais. Je crois avoir réussi. Mais je dois toutefois déclarer que c'est l'illustre professeur dont je m'honore d'être l'ami, M.r Michel Etienne De Rossi, qui le premier m'a suggéré l'idée de me livrer à ces études.

« L'histoire de tous les essais, que jusqu'à présent j'ai tentés, a été par moi exposée dans un premier mémoire qui paraîtra dans les actes du *III Congrès Géographique International.* J'indiquerai ici seulement la manière de poser l'appareil le plus convenable, qui depuis 28 mois fonctionne régulièrement, sans donner aucun signe d'altération. J'ajouterai aussi les conclusions générales, que j'ai pu tirer d'un très grand nombre d'observations périodiques.

« **Disposition de l'appareil.** = Dans un rez-de-chaussée, bien sec et bien à l'abri du soleil et de la pluie, on choisit trois points comme si on voulait tracer un triangle rectangle isoscèle *N A W* (*fig. 1*), dont les cathètes, longs de 4 à 6 mètres, tombent l'un sur le parallèle et l'autre sur le méridien. Aux trois endroits désignés on creuse autant de trous jousqu'à perforer le terrain vierge à la profondeur au moins de 0m50, en s'assurant que le fond de ces trous se trouve en dessous du plan horizontal, sur lequel s'appuient les fondements des murs. Au fond de chaque ouverture on place une plaque de cuivre argenté de forme carrée *Q*, avec un côté de 0m20, et disposée de manière que des diagonales l'une soit horizontale

et l'autre verticale. A l'angle supérieur on doit souder un gros fil de cuivre, qui soit plûs long de la profondeur même. La plaque, la soudure et le fil doivent être couverts par une forte couche d'argent d'après la méthode galvanique. On remplit ensuite les ouvertures avec la même terre qui avait été retirée, en la pressant fortement. Enfin à chaque bout de fil qui sort du sol on ajoute avec une vis d'attache un autre fil de cuivre recouvert de guttapercha, lequel doit être relié au galvanomètre, en évitant tout contact avec des objets métalliques.

« Le galvanomètre doit être à long fil et très sensible. A l'extrémité libre de chaque fil on pourra mettre un numéro ou une lettre de l'alphabet, qui servira à reconnaître promptement de quel côté du terrain provient le fil.

« Si on désire explorer le courant entre le sol et l'atmosphère on devra placer au sommet de l'édifice un cône en cuivre argenté. Un fil de cuivre, semblable aux trois autres, mettra la pointe du cône en communication avec le galvanomètre.

« **Méthode de faire les observations.** — On peut obtenir par cette disposition quatre différentes mesures, c'est-à-dire: 1.° entre le sol et l'atmosphère; - 2.° dans la direction du méridien; - 3.° dans celle du parallèle; - 4.° dans une troisième direction intermédiaire. A cet effet j'ai l'habitude d'observer l'ordre suivant:

« 1.° Je fixe dans une des vis de pression du galvanomètre le fil de la plaque *A*, qui à l'égard des deux autres se trouve tant sur le méridien que sur le parallèle (angle droit du plan triangulaire), et je détermine sur l'autre borne-vis le contact du fil uni au cône à l'air libre.

« 2.° Après avoir ôté ce deuxième fil seulement, je le remplace par le fil de la seconde plaque *N*, qui repose sur le méridien (*A* - *N*).

« 3.° Je repète la même chose avec le fil de la troisième plaque *W* posée sur le parallèle (*A* - *W*).

« 4.° En ôtant le fil de la première plaque, c'est-à-dire celle de l'angle droit, j'y applique le fil de la seconde (*N* - *W*).

« Il faut observer cependant que le sol n'ayant qu'une très faible propriété conductrice, les électrodes métalliques se po-

larisent quand le circuit est longtemps fermé. Ainsi donc il faut se servir d'une fermeture instantanée, et prendre l'arc impulsif plutôt que l'arc définitif. On peut ainsi déterminer les quatre mesures dans un laps de temps beaucoup moins long, et avec un peu d'exercice pour arrêter les oscillations de l'aiguille, elles s'obtiennent parfaitement en moins d'une minute, calculant à vue d'oeil les dixièmes de degré.

« Je dois encore faire remarquer que même de cette manière on ne peut pas entièrement éviter la polarisation des plaques, et que la troisième et la quatrième mesure ont besoin d'une petite correction, qu'on peut facilement déterminer par la pratique.

« La série d'observations que j'ai faites comprend les quatre mesures, que j'ai prises de demi-heure en demi-heure pendant la première année (1880), puis d'heure en heure, de six heures du matin à onze heures du soir. - Pour ce qui concerne l'étude des phénomènes généraux, il suffirait de faire six observations pendant la journée, de trois heures en trois heures, de six heures du matin à neuf heures du soir.

« Premiers résultats. — Par les courbes comparatives tracées d'après les moyennes journalières des courants terrestres et de tous les faits météoriques et sismiques, enregistrés á l'observatoire de Velletri, on constate évidemment que les courants dérivés et mesurés d'après la méthode ci-dessus indiquée, ne sont nullement modifiés par les phénomènes endogènes et exogènes, excepté toutefois par la pression atmosphérique et par la température. L'influence de la pression n'est pas le résultat de sa valeur absolue, mais de la position et de la distance des centres orageux par rapport à l'observatoire. Les oscillations de la température précèdent d'au moins un jour ou deux les variations similaires des courants.

« Depuis que j'emploie les plaques argentées, la direction des courants s'est manifestée toujours dans le même sens; et on doit les regarder comme de vrais courants dynamiques, parce qu'ils sont continuels, et capables de produire des effets spéciaux, comme l'électrolyse de l'eau, l'action des micropho-

nes, et d'augmenter la force et la précision des sons téléphoniques.

« La marche suivie annuellement par les courants terrestres semble avoir de l'analogie avec la déclinaison du Soleil, et il paraît aussi que son activité éruptive, si variable, y concoure énergiquement.

« Mais la conséquence la plus importante de ces expériences c'est qu'en place de plusieurs courants dans des direction différentes, il n'y a qu'un seul courant, qui se dirige à peu-près d'ESE à WNW, et qui tantôt s'approche du parallèle et tantôt s'en éloigne. Les oscillations, presque toujours très lentes et périodiques, se produisent parfois rapidement, sans que l'intensité absolue du flux électrique, c'est-à-dire suivant la ligne de direction, en soit altérée. Ce sont donc des déviations momentanées, qui coïncident le plus souvent avec les perturbations magnétiques.

« Il résulte de celà que, pour obtenir la plus grande intensité et la direction précise du courant unique, il suffit de mesurer l'intensité relative sur deux directions orthogonales (par exemple sur le méridien et sur le parallèle), en y appliquant le calcul ou bien une simple construction graphique.

« On pourrait obtenir une plus grande exactitude, sans recourir aux corrections, si les deux éléments pouvaient être déterminés au moyen de deux paires de plaques indépendantes (*fig.* 2). C'est ce que je me propose de faire à l'avenir.

« De cette manière l'étude des courants terrestres devient d'une grande simplicité et d'une grande clarté, et les observations faites en des endroits différents peuvent être facilement comparées et composées ensemble.

« Le tableau suivant (*page* 89) donne la moyenne mensuelle, trimestrielle et annuelle de la direction et de l'intensité, que le courant terrestre aurait eues à Velletri pendant les années 1880 et 1881, en comptant l'année de mars à février.

« Le rapport détaillé de ces résultats, et d'autres encore, se trouve dans le mémoire ci-dessus énoncé. Il s'agit de recherches qui promettent beaucoup, et qui pourront vite nous amener à la solution de plusieurs problèmes de la plus haute

importance. Mais il est nécessaire d'augmenter le nombre des endroits où les observations peuvent être faites, et de prendre toutes les précautions possibles, non seulement pour le choix du sol, mais aussi pour la perfection et la mise en place de l'appareil. Ayant un bon galvanomètre, la dépense se réduit à quelques francs.

Valeurs moyennes calculées pour établir la direction et l'intensité absolue du courant terrestre à Velletri 1880-81.

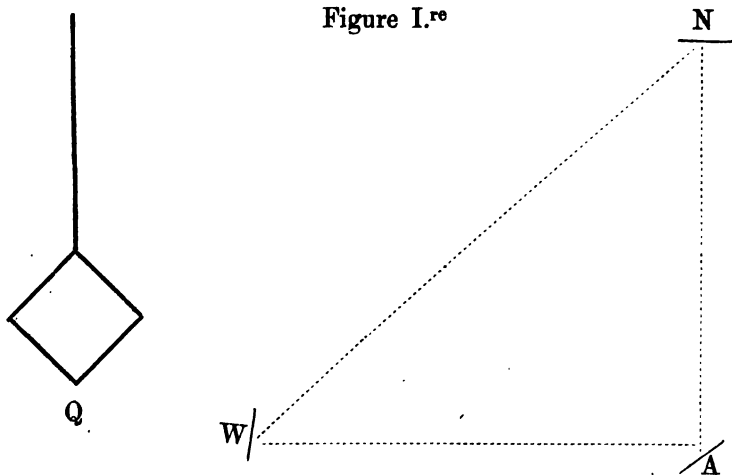
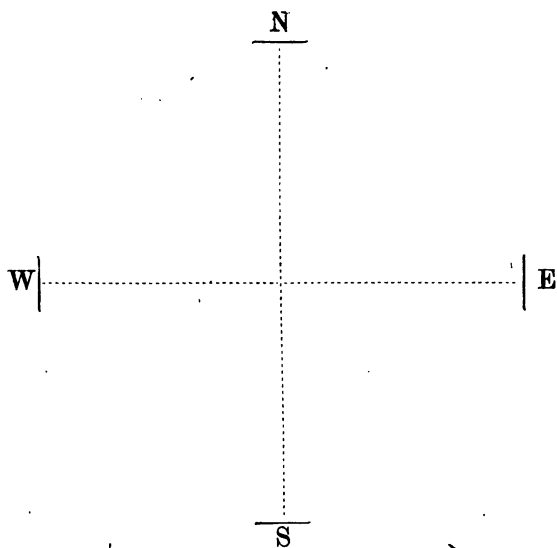
1880			1881		
	angle avec le parallèle	intensité absolue		angle avec le parallèle	intensité absolue
mars	33.° 44'	49.° 8	mars	28.° 29'	58.° 0
avril.........	32. 11	54. 3	avril.........	27. 51	63. 2
mai	31. 43	62. 4	mai	26. 59	63. 5
juin	30. 23	64. 4	juin	26. 3	66. 4
juillet.......	29. 33	66. 2	juillet.......	24. 42	66. 7
août	29. 41	67. 6	août	23. 4	66. 0
septembre	29. 44	68. 5	septembre	21. 30	64. 0
octobre	29. 55	58. 9	octobre	19. 53	62. 0
novembre	30. 28	52. 6	novembre	19. 42	63. 4
décembre .	30. 53	47. 1	décembre .	18. 58	60. 8
janvier	29. 58	51. 2	janvier	18. 3	57. 5
février......	29. 3	58. 0	février......	17. 40	53. 6
printemps	32.° 33'	55.° 5	printemps	27.° 47'	61.° 6
été	29. 52	66. 1	été	24. 37	66. 4
automne ..	30. 2	60. 0	automne ..	20. 22	63. 1
hiver........	29. 58	52. 1	hiver........	18. 14	57. 3
année.......	30.° 38'	58.° 4	année.......	22.° 44	62.° 1

Figure I.re

Figure 2.e

N

W E

S

Ignace Galli.

§. 3.

Niveaux des eaux souterraines.

Nous avons beaucoup parlé de l'influence de la circulation souterraine des eaux dans l'activité endogène. Les phénomènes de cette circulation appartiennent naturellement à la branche des observations que nous avons dit devoir se faire dans les lieux de leur manifestation en dehors des observatoires. Mais on comprend bien que parmi les phénomènes de la circulation souterraine une des principales recherches à faire sera de connaître dans chaque localité le niveau des eaux souterraines et les variations qu'il peut subir. Il sera bien facile que les observatoires se trouvent installés dans des localités où il est possible de faire ces observations de niveau à l'intérieur de l'observatoire. Pour cette matière comme pour les autres, je renvoie le lecteur à la *Meteorologia endogena* s'il veut connaître les détails des résultats obtenus des expériences faites en Italie à ce sujet. Je dirai seulement que nous avons constaté qu'en dehors de l'approvisionnement des eaux dépendant des saisons, les niveaux des eaux souterraines changent sous l'influence des pressions barométriques et en relation très souvent avec l'état sismique du sol. M.r Grablovitz de Trieste a bien constaté de véritables marées dans certains bassins d'eau souterraine.

Lorsqu'on a à sa disposition un puits naturel, on peut faire très facilement les observations du niveau une ou plusieurs fois par jour. Il est bien facile de même d'appliquer un système enregistreur automatique par un flottant. Et l'on peut faire cette observation avec une précision plus grande même avec un système électrique comme il a été employé à Rome par M.r Barigioni Pereira, qui publiera prochainement les beaux résultats obtenus.

La seule chose qu'il est bon de recommander dans ce genre d'observations, c'est qu'il faut s'assûrer que les prises d'eau pour les usages domestiques ne fassent pas sensiblement changer le niveau des eaux souterraines lorsque on va faire l'observation.

DESCRIPTIONS DES APPAREILS

POUR LES OBSERVATIONS GÉODYNAMIQUES.

Nous allons commencer la description des appareils employés dans nos recherches géodynamiques. Il est naturel de comprendre que la plus part des instruments dont nous parlerons, appartiendra à la sismographie. Nons ne devons pas ici donner aucune classification des instruments, car nous en avons déja classés les fonctions et les avons appelés avertisseurs, analysateurs des secousses, indicateurs des trépidations du sol, appareils microsismométriques, parmi lesquels nous avons dit qu'il y en a certains qu'on peut appeler normals. Par conséquent nous n'aurons pas ici aucun ordre dans la série de ces descriptions. Nous allons former seulement presque une collection de dessins des instruments que nous pourrons connaître même en usage dans des pays étrangers, ou chez les anciens. Cette série sera continuée en dehors de ce programme dans la suite des cahiers du *Bullettino del Vulcanismo italiano.*

Tromomètre normal

Nous avons décrit plus haut (pag. 72) les conditions générales qui doivent présider à la composition du pendule que nous appellons tromomètre normal. Cet appareil dans la pratique a pu être combiné en plusieurs formes. Nous l'avons combiné de manière à pouvoir regarder l'aiguille qui se trouve au dessous du pendule, en tournant le microscope selon la rose des vents. (Fig. 1.)

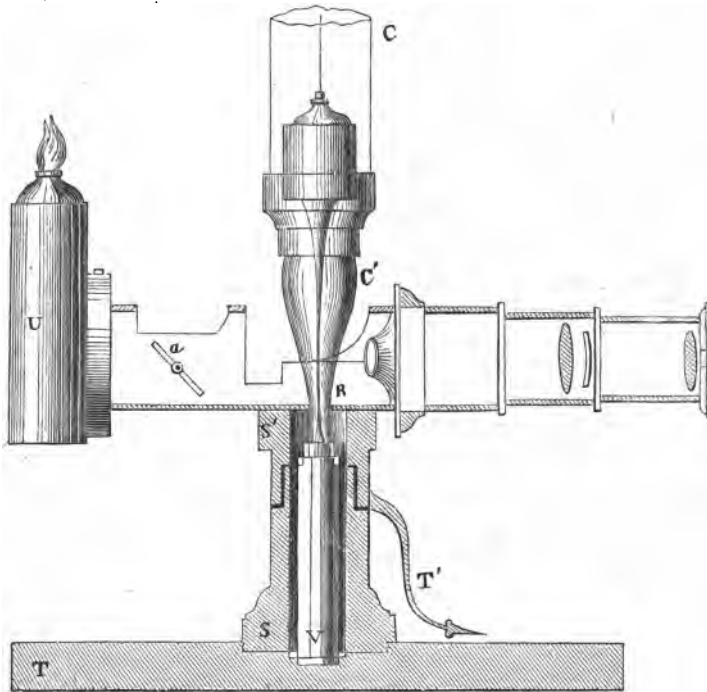



Fig. 1.

Tromomètre. — T, Table de pierre avec rose des vents — V, Tige isolée avec aiguille — S, Support fixe — S', Partie tournante du support — T', Index — C, C', Cage — B, Microscope monté sur les upport S — *a*, Glace pour illumination — U, Flambeau.

On a encore (et cette seconde manière est particulièrement recommandée par le P. Bertelli) placé un prisme au dessous du pendule (fig. 2) pour voir l'image d'une croix (fig. 3) tracée sous le pendule dans un plan vertical par un microscope fixe.

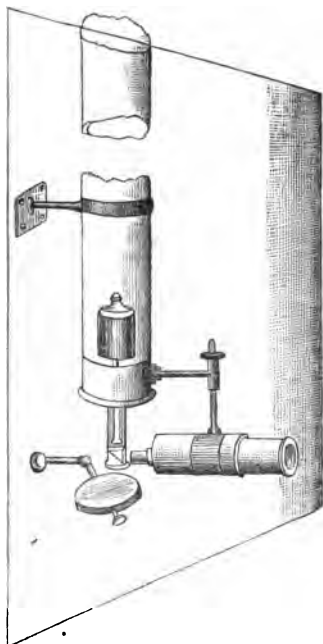



Fig. 2.
Tromomètre à prisme.

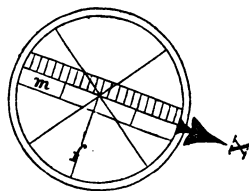



Fig. 3.
Croix du pendule sur le micromètre: *f*, ligne centrale du micromètre: *m*, divisions du micromètre: X, index de la direction du mouvement.

Nous donnons ici la figure d'une troisième manière semblable à la première que nous trouvons plus pratique et qui n'a pas besoin d'une description spéciale. Seulement nous y ajoutons des renseignements pour régler l'opération du montage de l'appareil, seule chose un peu difficile dans le tromomètre (fig. 4).

1. Pour la collocation de cet instrument on doit choisir une localité bien éclaircie et d'accès facile. La partie A doit être insérée dans une paroi verticale à telle hauteur que l'observateur étant assis et regardant dans le microscope, puisse faire bien aisément son observation.

2. Marqué ainsi sur la paroi le point où devra être placée la partie susdite de l'instrument, on commencera par fixer en brique la piéce B dans la muraille. Mais il faut avoir la précaution d'abaisser intièrement la vis C dans le tube E; le point D doit s'élever de m. 1. 53 à peu-près du plan F A préétabli et déjà marqué sur la paroi. On doit insérer dans le mur toute la partie du crampon de fer B, qui n'est pas recouverte de vernis.

3. Du point de suspension D on fait pendre d'abord uo poids quelconque tenu par un fil de soie, qui servira de guide pour la collocation à sa place de la partie A F de l'instrument. Ce fil devra se trouver le plus exactement possible dans le centre de l'anneau O et du petit trou qui se trouve sur la pièce A; en faisant attention que la ligne F A soit parfaitement horizontale et nivelée. À obtenir cela on doit ôter le petit tube en verre avec son plan, qui est construit de manière qu'il peut sortir aisément du devant de la plaque coupeé en F.

4. Après tout cela on doit mettre à sa place le tube R, qui en le faisant d'abord pénétrer en E, va descendre ensuite sur la partie conique de l'anneau O, où on doit mettre du caoutchouc en *m* pour empêcher ainsi le passage de l'air.

5. Placée de noveau la partie Q et avec elle le tube S en verre, on fera pénétrer ce tube S dans le tube R, et on aura ainsi la liberté d'agir sur le plan F A et de placer le pendule tromométrique.

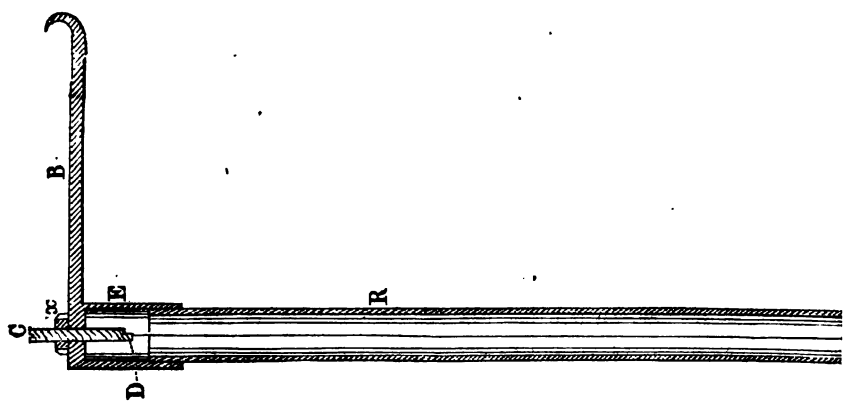
6. À obtenir sans peine la mise en œuvre du pendule (cela exige bien de soins), on ôtera le poids provisoir: on liera au pied du fil de soie le fil métallique très mince destiné à porter le pendule de l'instrument. Au dessus on doit ôter la vis C et faire monter le fil métallique dans le tube en le traînant par le fil de soie, iusqu'à le faire sortir du trou qui doit être occupé de la vis C. Cela fait, on doit relier le fil métallique à la vis C, en le faisant passer bien de fois tout autour de l'extremité de cette vis. Il est nécessaire que ce fil métallique, en le faisant monter, ne fasse ni plis ni nœuds, car il, chargé de son poids, se casserait où il s'est replié.

7. Fixé ce fil à la vis C, en le tenant toujours en légère tension, on doit insérer à sa place la vis susdite.

8. Cependant on pose sur le plan F A le pendule qui porte l'aiguille et précisement sur le bord du petit tube Q. Lorsque on a exécuté ce que nous avons dit sous le n.º 7, on liera l'extrémité inférieure du fil métallique au pendule de sorte qu'il se trouve toujours en légère tension, mais pas tout à fait libre.

9. On tourne la vis C en soulevant le pendule jusqu'à ce qu'il se

B
E
R
x
C
D

Fig. 4.
Tromomètre normal simplifié.

trouve en liberté et oscille. Alors il faut poursuivre à le fair monter d'un centimètre à peu-près au dessus du plan F A, afin d'avoir la longueur donnée du pendule, qui doit être de 1.50.

10. Cela fait, on fixe la vis C en faisant descendre le dé x qui se trouve sur la vis même et qui doit être bien serré, pour rendre immobile la vis C, ce qu'on doit obtenir afin d'avoir dans le pendule la plus grande sensibilité.

11. Enfin on voit à coup d'œil dans la figure 4 la manière de disposer le microscope, qui doit regarder l'extrémité de l'aiguille ajoutée au poids du tromomètre.

12. On fait l'observation en tournant de tout côté le microscope, jusqu'à trouver dans quel plan de la rose des vents arrive le maximum de l'oscillation.

Tromo-déclinomètre inventé par M. A. de Andreis

Nous avons parlé de ce tromomètre lorsque nous avons donné des renseignements sur les oscillations lentes du sol. Cet appareil ne diffère pas en général du tromomètre normal, dont le microscope peut tourner. M.r de Andreis y a ajouté seulement, dans la manière que montre la figure 5, un petit pendule au dessous surmonté par une tige dont l'extrémité vient dans le champ du microscope où on la voit en même temps que l'aiguille du tromomètre. De cette manière on regarde en même temps le mouvement de deux pendules de longueur différente. Et s'il y a un déplacement de la verticale, les deux pointes de la tige et du tromomètre devront s'écarter l'une de l'autre d'une manière très visible. M.r de Andreis a appelé cet instrument tromo-declinomètre à cause qu'il a placé dans le pendule inférieur une barre magnétique, qui dans ses déclinaisons fait nécessairement tourner la pointe de la tige et de cette manière fait voir dans le microscope même les variations de la déclinaison.

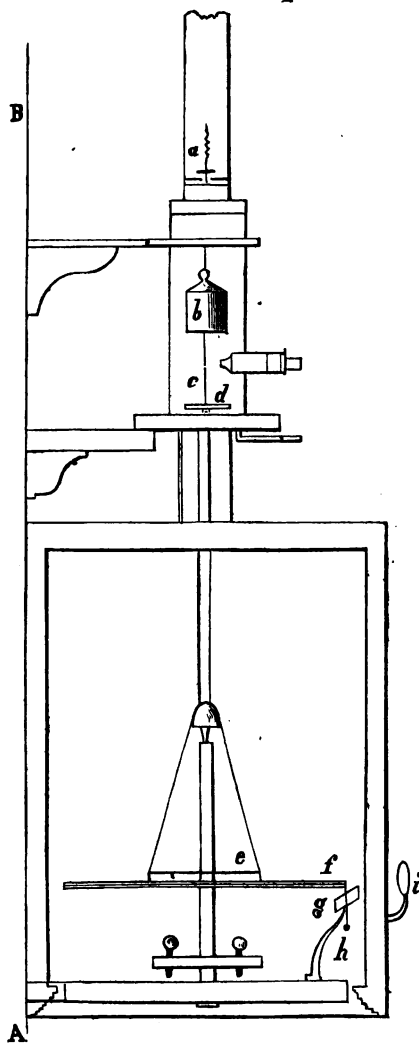



Fig. 5.

AB, paroi avec supports: *a*, fil à plomb en spirale: *b*, pendule avec aiguille: *c*, extrémité de la tige du pendule inférieur: *e*, poids du pendule inférieur: *f*, barre magnétique: *g*, échelle métrique: *h*, index; *i*, loupe.

Installation du tromomètre adopté par le P. Bertelli à Florence.

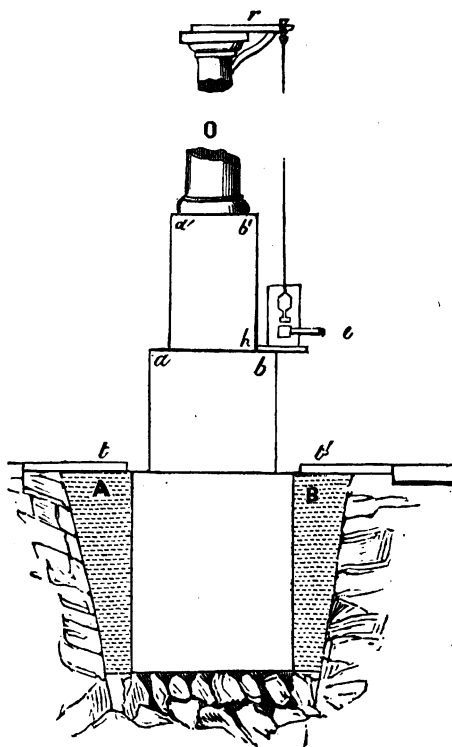



Fig. 6.

AB, vide d'un puits creusé dans le sol; *a, b; a', b'*; O; *r*, supports en maçonnerie et colonne pour soutenir le tromomètre; *h, e,* table et microscope du tromomètre; *t, t'*, plancher pour s'approcher, et qui ne touche pas le support.

Nous avons parlé du grand tromomètre de $3^m.30$ de longueur, avec lequel le P. Bertelli a fait du commencement ses études de microsismologie. Dans la *Meteorologia Endogena* et dans le *Bullettino del Vulcanismo Italiano* de l'année 1877 nous avons publié les descriptions détaillées avec dessins de cet instrument. Ici je crois intéressant de reproduire la figure n° 6, qui montre la manière avec laquelle le P. Bertelli a basé isolemment sur le rocher le pilier porteur de l'instrument. Il n'est pas nécessaire de dire que ceux qui se trouvent en condition de pouvoir installer ainsi le tromomètre, devront le faire. Dans cette installation on a même un exemple en petit pour un seul instrument de ce que j'ai proposé plus haut en grand pour un observatoire complèt.

Appareils pour l'enregistrement continuel des ondulations sismiques du sol inventés par M. S. de Rossi.

I. - Protosismographe.

Un pendule de longueur à donner la seconde et très-pesant est relié lentement à quatre poteaux correspondants au N. S. E. W. par des fils de soie. Les fils susdits ont une longueur telle que les aiguilles placées à leur milieu les oblige à former un angle de 155°. Par cette disposition chaque ondulation horizontale du pendule doit se transformer en mouvement vertical des aiguilles multiplié plus que trois fois. Par conséquent puisque les aiguilles sont jointes en haut à des petites spirales métalliques très-flexibles, doivent dans leurs mouvements verticaux fermer quatre circuits électriques chaque fois que leur pointe touche au mercure contenu dans les quatre capsules situées au dessous. De cette manière on pourra distinguer dans l'appareil enregistreur chaque demie oscillation du pendule et par conséquent la direction du premier mouvement.

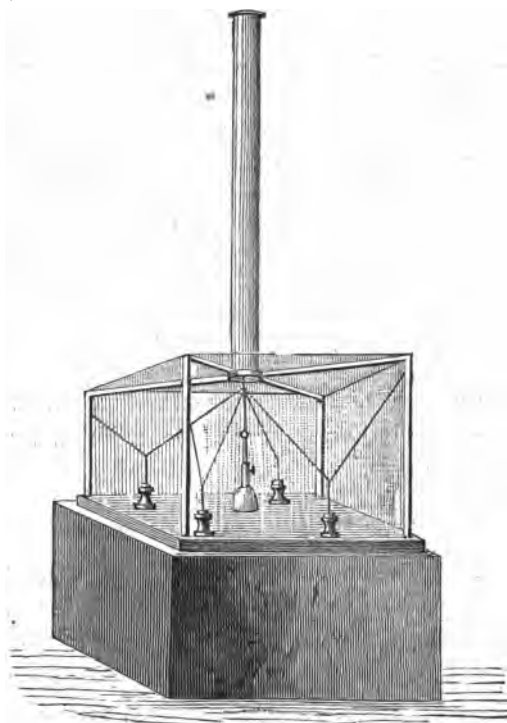
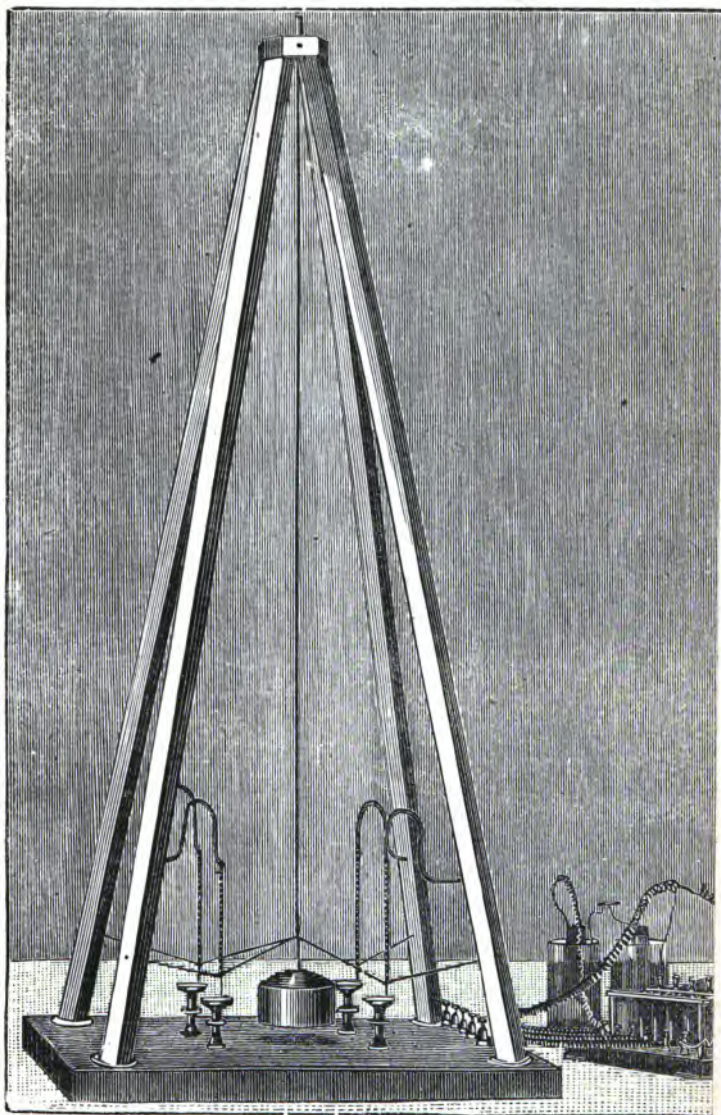
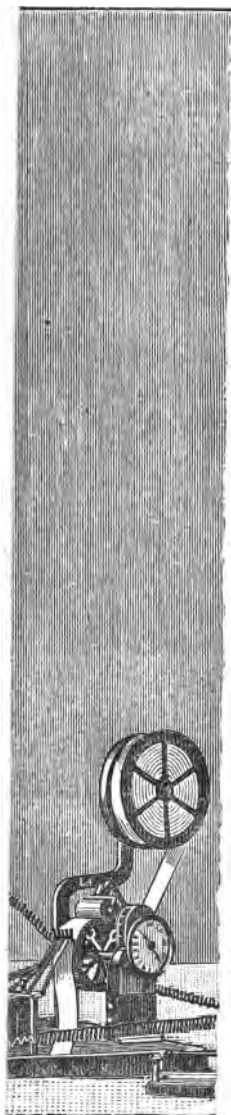



Fig. 7.

Protosismographe à petit pendule.

Selon les choses dites dans les instructions, les pendules de 63 cm. en moins sont plus appropriés pour les vibrations à grande vitesse et surtout pour les trépidations du sol. Il est clair donc que le Protosismographe avec un pendule réduit à 63 cm. pourra devenir susceptible d'une forme plus commode, comme le montre la fig. 7.

PROTOSISMOGRAPHE APPAREIL ENREGISTI

REUR MICROPHO:

II. - Microsismographe.

La même combinaison mécanique forme le microsismographe; seulement les fils de soie sont fermés au lieu qu'aux

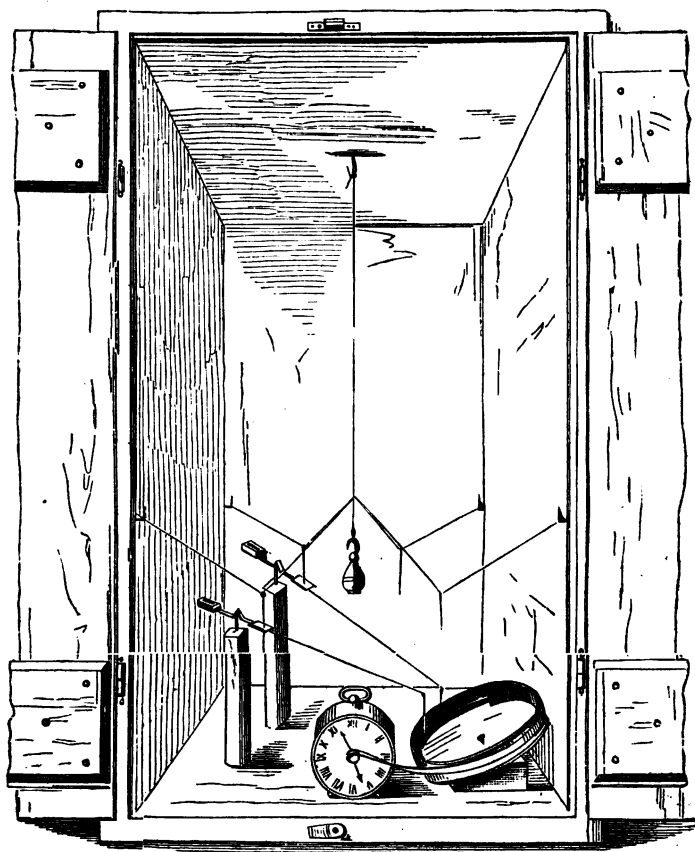



Fig. 8.
Microsismographe à enregistrement mécanique improvisé dans une niche.

ponts fixes à quatre pendules de plusieurs longueurs plus petites qui ne depassent pas les 75 centimètres. Puisque ces pendules

doivent employer des temps différents dans leurs oscillations, il en resulte quelque moment de rapprochement des pendules,

Fig. 9.

Microsismographe à enregistrement électrique monté sur une paroi.

A, support planté sur la paroi — B, support des bains de mercure *s*, *s'*, *s,''* *s'''* — C, *e*, *é*, *e''*, *e'''*, réophores électriques — *m*, *m'*, *o*, *o'*, *o''*, liaisons du support B — *a*, *a'*, *a''* *a'''*, points de suspension des pendules plus courts.

et par conséquent la multiplication dans la descente des aiguilles à fermer le circuit est multipliée par deux côtés. L'ap-

pareil ainsi peut enregistrer des mouvements beaucoup plus petits que le protosismographe et vraiment microscopiques. Outre cela l'existence dans l'appareil des cinq pendules de différente longueur, lui donne la propriété de se trouver prêt à prendre mouvement pour des ondes sismiques de différente célérité; mais toujours dans l'ordre des ondes lentes. L'expérience depuis 1876 a démontré que cet appareil est vraiment précieux dans la sismologie, puisque on peut en tirer une véritable courbe des bourrasques microsismiques et sismiques. Les figures 8 et 9 montrent la manière dans laquelle cet appareil peut être improvisé même dans une niche lorsque on veut avoir les renseignements sismiques dans des localités où il n'y a pas observatoire.

III. - Appareil enregistreur.

Un mouvement d'horlogérie fait marcher une bande de papier au dessous des crayons joints à cinq leviers mobiles par l'action de cinq bobines. Quatre de ces bobines correspondent aux quatre circuits du protosismographe; la cinquième fonctionne seule pour le microsismographe. Dans ce dernier instrument serait inutile avoir plus d'un crayon enregistreur, car ayant sujet à une composition de mouvements excessivement faibles, la direction de ceux-ci n'est pas appréciable.

Lorsque on veut improviser un enregistreur électrique, on peut relier une bande de papier au poids d'une montre qui la fera marcher régulièrement. On fera passer cette bande sur un rouleau fixe à la paroi près de la montre, où on aura placé une sonnerie électrique, à laquelle on ajoutera sur le marteau un pinceau avec de l'encre typographique. Lorsque le microsismographe sera agité, la sonnerie donnera son avis et en même temps marquera sur la bande de papier des points noirs.

IV. - Microphone sismique.

Le microphone sismique doit avoir la propriété d'être très lourd pour adhérer au sol, et doit avoir en même temps dans la partie vibrante une grande inertie pour être insensible

aux bruits des environs. En outre il doit se trouver dans des conditions très constantes. Dans ce but il n'est qu'une bascule métallique avec une vis pour en régler la sensibilité; et tout cela monté sur une pierre semblable à un *presse-papier*. Le petit support métallique carré qui fait ressort, est destiné à soutenir une montre de poche. Par cette disposition la seule partie de l'appareil destinée à la montre se trouve dans une condition de sensibilité capable à donner dans le téléphone le tic-tac de la montre. Ce tic-tac a une grande importance dans les observations sismiques.

La figure suivante montre la manière d'improviser même un microphone sismique lorsque on peut disposer du téléphone.

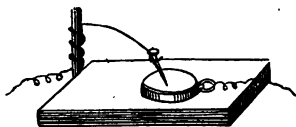



Fig. 10.

Il suffit de faire passer le courant électrique par une montre de poche sur laquelle on fait peser l'extrémité d'un clou réuni au réophore de la pile. Ce genre de microphone sismique donne des résultats très bons lorsque on le place sur un point solide.

Sismographe et avertisseur sismique, inventé par M. I. Galli, directeur de l'Observatoire de Velletri.

La figure 11.^{me} donne l'aspect de l'appareil et de ses diverses parties. Sur un support de marbre se trouvent fixées les deux extrémités d'une barre de laiton, recourbée à sa partie supérieure, sous la forme de l'ouverture d'une porte. Au-devant, on voit deux petites colonnes métalliques, implantées dans le marbre. Sur chacune des ces colonnes se trouve posée une coupelle de pierre dure, sur laquelle pose l'aiguille qui soutient une tige rigide mince, de grande longueur. Cette tige se tient

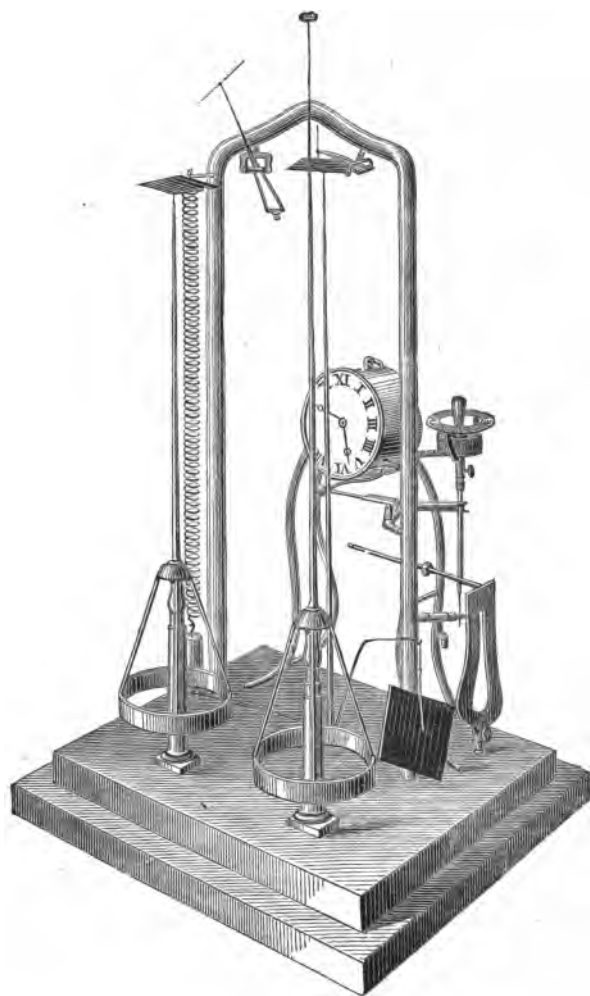



Fig. 11.

Sismographe de M. Galli.

verticale par l'effet d'un gros anneau métallique soudé au bas de la tige par l'intermédiaire de quatre fils de laiton. La coupelle, la tige et l'anneau forment ainsi un seul système, posé sur l'extrémité de la colonnette, et constituent un véritable pendule qui n'a pas de frottement à son point de suspension. L'amplitude des oscillations de ce pendule se trouve multipliée à l'extrémité supérieure de la tige pointue, proportionellement à la longueur de cette tige.

La tige la plus longue (à la droite de la fig. 11me) dépasse tout l'appareil et se termine par un petit miroir d'argent poli, dont on peut constater les plus petites oscillations, en suivant, à l'aide d'une lunette, les mouvements du point de lumière qu'il réfléchit. On peut encore terminer cette tige par une pointe très fine et élastique, dont on observerait les plus petites déplacements et même les vibrations au moyen d'un microscope H, selon la figure 12.me ci-jointe.

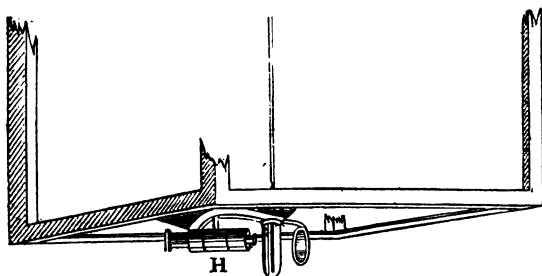



Fig. 12.
Mouvements de vibration
regardés au microscope dans le sismographe Galli.

La tige la moins longue (à gauche de la fig. 11) se termine par un petit châssis carré, très léger, à la surface duquel est appliqué un papier noirci par le noir de fumée (1). On peut amener à la surface de ce papier la pointe d'une aiguille, fixée par l'intermédiaire d'un bras de levier au support fixe de laiton. Au

(1) À présent M. Galli a substitué au papier un verre noirci à la fumée, dont les résultats sont meilleurs.

moindre mouvement de l'appareil, le carré de papier noirci suit les oscillations de la tige qui le porte et se déplace sous la pointe de l'aiguille, qui y trace une ligne droite ou une ellipse, dont l'orientation et la longueur permettront de donner l'intensité relative du mouvement ondulatoire.

Pour apprécier les secousses verticales, M. Galli a eu recours à la spirale élastique habituellement usitée dans ce cas. On la voit figurée à côté de la partie de l'appareil que nous venons de décrire (fig. 11). Ce ressort métallique supporte à sa partie inférieure un poids cylindrique. Au moindre mouvement vertical du sol, ce poids s'abaisse légèrement sous l'action de la flexion du ressort, il actionne un levier articulé, très léger, qui supporte une aiguille suspendue à un cheveu. Cette aiguille trace une ligne sur une feuille de papier enduite de noir de fumée, représentée à droite de la figure 11 et à sa partie inférieure.

Au milieu du socle de marbre, M. Galli a fixé une tige rigide qui permet de contrôler la direction du tremblement de terre. Cette tige constitue à peu de chose près le sismographe de M. Forbes, employé par MM. Palmieri et de Rossi. Un châssis semblable à celui du pendule de gauche, porte un carré de papier noirci, sur lequel l'aiguille d'un levier trace des lignes, lorsque la tige en se mouvant autour de sa base par la seule élasticité de flexion, décrit des arcs dans le plan vertical de la secousse. Remarquons qu'il n'est pas à craindre que par des chocs successifs et angulaires, la tige décrive des mouvements coniques, comme il arrive nécessairement dans les pendules.

On voit que la direction et l'intensitè de la secousse se trouvent enregistrées avec précision: M. Galli a voulu que son appareil indiquât l'orientation de l'onde sismique. Si l'on trouve par exemple une trace inscrite dans le plan du méridien, il est utile de savoir si la secousse est venue dans la direction du sud ou dans celle du nord.

Pour résoudre ce problème très important, le savant Italien a eu recours à un mécanisme fort ingénieux représenté à la droite de la figure 11, auprès de la pendule, et au-dessus de l'aimant dont nous parlerons un peu plus loin. Un cône métallique tronqué est posé debout sur un disque horizontal,

tenu en équilibre sur sa plus petite base; il ne se tient debout que lorsque son support est parfaitement immobile. Si le support oscille, le cône tronqué tombe immédiatement vers le côté d'où est venu le mouvement d'impulsion. Il se pose alors sur le bord intérieur d'un disque annulaire, muni de divisions correspondant aux seize points principaux de l'horizon (V. la fig. 13).

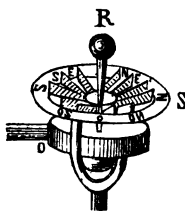



Fig. 13.
Avertisseur du sismographe Galli.

En outre la chute de ce cône détermine l'heure précise du tremblement de terre: en tombant, il entraîne le disque divisé et la tige qui le supporte; celle-ci transmet le choc à un bras de levier qui agit sur le mouvement d'horlogerie, et arrête aussitôt le pendule de l'horloge.

Le sysmographe de M. Galli est encore muni d'une pièce importante: d'un aimant en fer à cheval renversé; un portant posé sur deux branches est fixè à une romaine à vis, comme le montre la figure 11^{me}. Si l'intensité magnétique diminue, même très faiblement, le portant s'incline du côté du poids en restant malgré cela adhérant aux deux pôles de l'aimant.

D'après les expériences du P. Bertelli et de M. le Comte A. Malvasia, il paraît certain que les aimants subissent quelquefois une diminution de force dans les moments qui précèdent les tremblements de terre. Les Japonais ont observé ce fait dès longtemps. Il est donc d'un grand intérêt de s'attacher à cette observation spéciale.

Les dimensions du sismographe de M. Galli ne sont pas très considérables; l'appareil, qui n'a pas plus de 0 m. 56 de hauteur, n'est nullement encombrant; il peut être placé à l'abri de l'air, sous une cage de verre. (*La Nature*, 21 Février 1880).

DEUX AVERTISSEURS SISMIQUES

CONSTRUITS PAR BRASSART FRÈRES

MÉCANICIENS DU BUREAU CENTRAL DE MÉTÉOROLOGIE À ROME

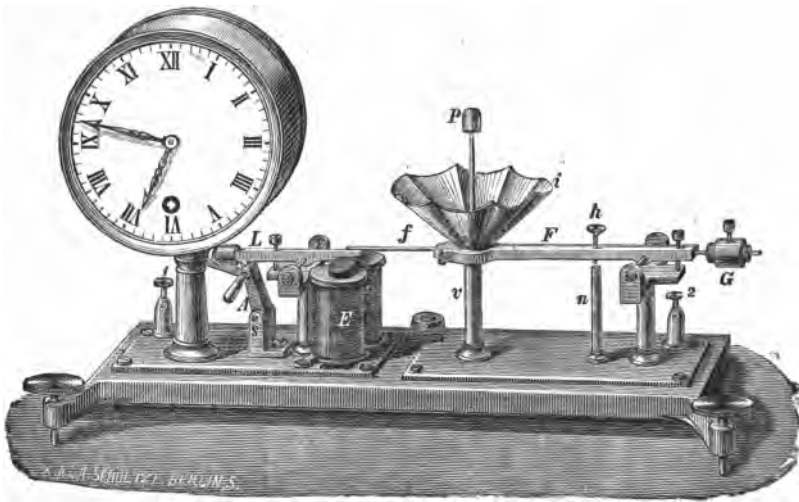



Fig. 14.
Avertisseur des secousses ondulatoires.

Nous avons employé le système de M. le prof. Galli (1) pour les avertisseurs des secousses horizontales, et le petit plomb attaché à un très fin ressort à boudin pour ceux des secousses verticales.

Dans la fig. 14 est représenté l'avertisseur pour les secousses ondulatoires et dans la fig. 16 celui des secousses verticales dans le rapport de 1 : 3 du vrai. Les fig. 16 et 17 représentent des détails dans le même rapport.

(1) Un petit poids, lequel en tombant dans un entonnoir fait à cannelures qui se trouve au bout d'un balancier, fait abaisser celui-ci et signale le moment et la direction d'une secousse.

I.

Appareil avertisseur des secousses ondulatoires

Sur une base au fond munie de vis pour rectifier sa position horizontale est soutenu dans un support et articulé entre des vis à pointe le balancier F, qui porte à son extrémité à gauche une espèce d'entonnoir formé à huit cannelures, qui sont marquées par les lettres de la rose des vents N NE SE S etc. à l'autre extrémité il porte le contrepoids G.

Le fond de l'entonnoir est perforé de sorte que le balancier peut librement osciller (à guise de balance) sans qu'il soit en cela empêché par la petite colonne V qui se trouve placée sur la base concentriquement au susdit entonnoir.

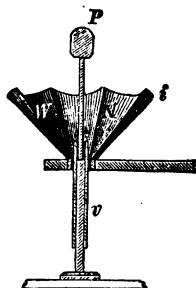



Fig. 15.

Détail du mécanisme avertisseur Brassart.

Ce dernier peut tourner entre une cravate du balancier F et peut être fixé dans une position voulue au moyen d'une petite vis à pression.

Quand l'instrument se trouve à la place lui destinée on fait tourner l'entonnoir pour faire coincider les indications des cannelures avec les directions des vents correspondants (à l'aide d'une boussole) et on l'y fixe moyennant la vis à pression.

Le contrepoids G maintient le balancier en position hori-

zontale, mais le système est tellement sensible, que par un petit sorpoids joint à l'entonnoir celui-ci s'abaisse.

Sur le plan de la colonne V, qui se trouve à la hauteur du balancier, vient placée la tige du poids P.

La base de cette tige est très petite et la moindre secoüsse la fait tomber, d'un côté ou de l'autre, et se posera par nécessité dans une des huit cannelures de l'entonnoir; et en conséquence le balancier s'abaissera.

La fig. 15 qui représente en section l'entonnoir, la colonne V et le poid P avec sa tige, rendra plus clair ce que nous avons dit jusqu'ici.

Supposons que l'appareil soit bien arrangé à sa place, que la base en fond se trouve bien horizontale, que les cannelùres de l'entonnoir se trouvent orientées selon les indications de la boussole, et que le poids à tige se trouve à sa place sûr la colonne V.

Il est clair que, si aura lieu le moindre tremblement horizontal le poids P tombera, et il tombera en sens contrair de la direction dont la secousse est venue et viendra se coucher dans une des huit cannelures de l'entonnoir, par ce surpoids le balancier s'abaissera: et voici que par ce fait il vient irdiquer le moment dans lequel a eu lieu une secousse et la direction d'où elle est venue.

Pour noter ce moment, et en outre pour avertir la personne chargée des observations sont destinés les autres organes de l'instrument qui nous allons décrire maintenant.

À gauche sur la base en fond se trouve une horloge à pendule. Le pendule est retenu à son extrémité inférieure par un arrêt A retenu à son tour par un dent qui se trouve au bout du bras L de l'ancre de l'électro-aimant E. — Quand l'ancre est attirée par son électro-aimant le dent du bras L en s'élevant laisse échapper l'arrêt A, le pendule ainsi degagé commence ses oscillations et l'horloge entre en mouvement.

Pour comprendre mieux la disposition de l'arrêt A, du bras L et du pendule on veuille observer la fig. 17 qui représente l'horloge de l'autre côté et la fig. 16 où on voit la position de l'arrêt A après qu'a eu lieu une secousse.

Le balancier F est traversé par une petite vis *h* qui en sort en dessous où elle est munie d'une pointe en platina, laquelle pointe en état normal (c'est-à-dire quand le balancier se trouve en position horizontale) ne touche pas la colonne *n* qui est isolée de la base par une rouelle de caoutchouc durci. Le circuit entre une batterie électrique et l'électro-aimant est établi en sorte que entre la colonne *n* et la vis *h* existe une discontinuité quand la vis n'est pas en contact avec la colonne.

Si par la chute du poids P le balancier F s'abaisse, la pointe de la vis *h* vient se poser sur la colonne *n* et le circuit est fermé; par conséquence l'ancre est attirée par l'électro-aimant, le dent du bras L fait échapper l'arrêt A, le pendule est dégagé et l'horloge entre en mouvement.

Dans l'état du repose l'horloge ne marche pas; il suffit donc de noter l'heure marquée par les aiguilles pour connaître, après une secousse, le moment dans lequel elle a eu lieu.

Par exemple si les aiguilles indiquaient les 12 heures quand le pendule a été arrêté et on trouve ensuite que l'horloge marche et les aiguilles indiquent 5 heures, on sait que 5 heures au paravant a eu lieu la secousse qui a causé le dégagement du pendule et pour savoir l'heure precise on n'a qu'à observer une montre. La direction de la secousse sera indiquée de la position du poids P.

Habituellement les secousses sismiques se succedent en des brefs intervalles. De ce que nous avons dit jusqu'ici il resulte que notre appareil indique bien les données d'une première secousse mais non des suivantes si le poids P ne sera pas remis à sa place sur la colonne V et le pendule arreté de nouveau. C'est pour ce motif que nous avons introduit dans le circuit une sonnerie électrique, qui avertit au moment de la la secousse les personnes chargées des observations d'arranger l'appareil pour les secousses suivantes.

Dans la fig. 14 on voit qu'au bout du balancier F se trouve avissé un mince fil de cuivre *f* dont le bout libre se trouve de quelque millimètre au dessus de l'ancre de l'électro-aimant. Ce petit appendice permet que l'instrument peut fonctionner aussi sans l'électricité bien intendu que dans ce cas la sonnerie est excluse.

Cette manière peut être adoptée quand l'appareil se trouve placé dans un lieu où il peut être continuellement surveillé. Pour preparer l'appareil à fonctionner sans l'électricité on n'a qu'à dévisser un peu la petite vis *h* à pointe de platina. Alors la chûte du poids P fera abaisser un peu plus le balancier F, le bout du fil *f* vient à battre sur l'ancre de l'électro-aimant et le pendule de l'horloge sera degagé de même manière comme il est dit plus haut.

Pour obtenir que l'instrument soit prompt à fonctionner aussi ensuite des secousses très faibles, il est indispensable que spécialement les pièces représentées dans la fig. 15 soient faites avec la plus grande exactitude. Il est nécessaire que la colonne V se trouve parfaitement verticale sur la base de fond, et que son bout supérieur soit parfaitement plan et normal à l'axe de la colonne; que le poids P se trouve bien centriquement sur sa tige et que la base de cette tige soit bien plane, normale à l'axe de la tige et d'un diamètre très petit.

La hauteur de la tige est 45 millim. sa base de millim. 1,5 et le poids P 20 grammes.

Avec ces données, qui permettent une sensibilité extrême à l'instrument, il est presque impossible de placer le poids P sur la colonne V à main libre. Or une telle opération qui exige une grande patience et tranquillité, on ne peut pas exiger dans des moments où par le retard de quelques minutes on pourrait perdre des observations très intéressantes.

Nous avons obtenu la plus grande facilitation de cette opération par un moyen très simple.

Sur la colonne V (fig. 15) est introduit un manchon (tube en cuivre) de la même hauteur de la colonne. Ce manchon on peut elever et abaisser, son mouvement est très doux et précis. Le diamètre de la tige du poids P est un peu plus petit que celui de la colonne V. — Or pour mettre le poids à sa place on le tient avec une main pendant qu'avec l'autre main on relève un peu le manchon (à peu près d'un centimètre).

Après on laisse le poids, en tenant élevé encore pour un moment le manchon pour hôter les oscillations eventuelles de

la tige, puis on laisse tomber le manchon et le poids se tient ferme sur le plan de la colonne.

Dans la fig. 15 le manchon est dessiné dans sa position élevée. Le placement du poids réussit ainsi très facilement aussi quand on n'a pas la main très ferme.

II.

Appareil avertisseur des secousses verticales

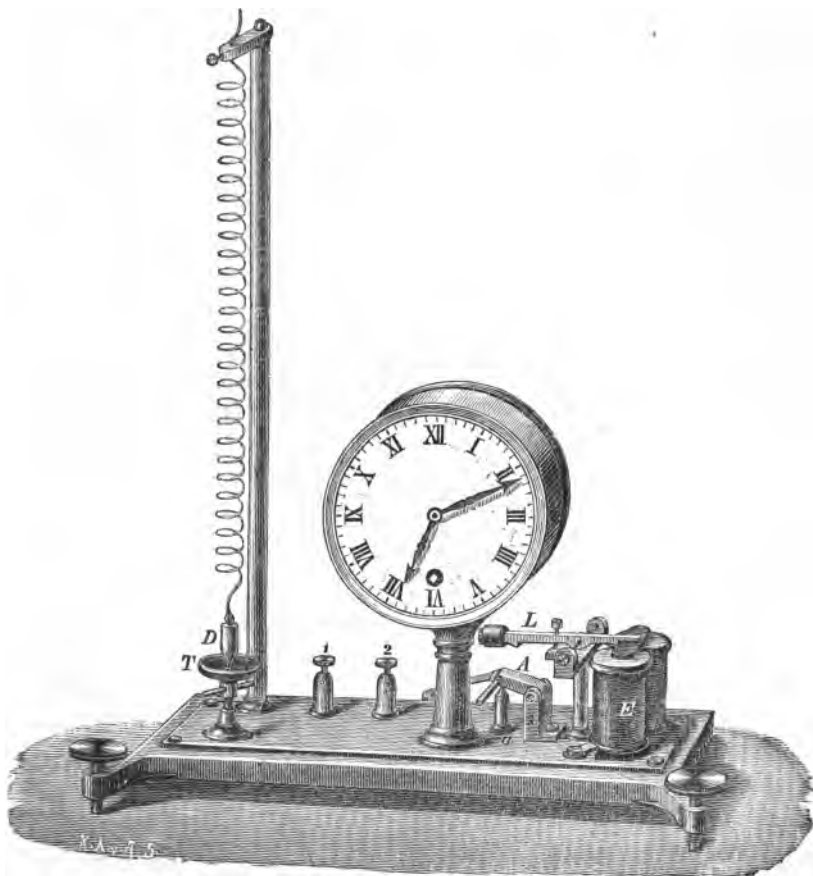



Fig. 16.
Avertisseur des secousses verticales.

Sur une base un peu plus courte que celle de l'appareil précédent s'élève une colonne de 30 centimètres de hauteur et isolée de la base par une rouelle de caoutchouc durci (fig. 16)

Du bras horizontal de cette colonne pend, au moyen d'un ressort à boudin le petit plomb D muni inférieurement d'une pointe en platina. Au dessous du plomb D se trovue la cuvette T en cuivre rouge contenante du mercure. La hauteur de la cuvette de la base, ou, ce qui est le même, la distance de la surface du mercure de la pointe en platina peut être reglée au moyen d'une vis qui soutient la euvette.

L'horloge avec le mécanisme pour arrêter le pendule et l'électro-aimant sont en tout égaux aux organes correspondents de l'avertisseur pour les secousses ondulatoires. Le circuit est disposé en manière qu'il y a discontinuité entre la surface du mercure et la pointe en platina du plomb D qui doit se trouver très proche du mercure sans le toucher pourtant dans l'état normal.

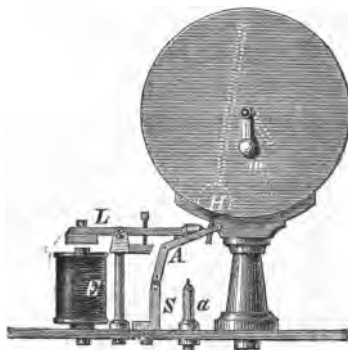



Fig. 17.

Détail de l'avertisseur Brassart.

Une secousse verticale fera trembler le ressort à boudin. La pointe viendra à contact avec le mercure, le circuit se ferme, l'ancre sera attirée de l'électro-aimant, l'horloge se met en mouvement et indique le moment dans lequel a eu lieu la secousse verticale.

Le contact de la pointe avec le mercure n'est que istantané et très souvent la sonnerie ne donnerait pas l'avertissement, or pour maintenir le circuit fermé nous avons adopté la disposition suivante.

L'arrêt A en tombant se pose sur la petite colonne *a* (fig. 16 et 17) qui est munie d'une pointe en platina pour assurer un bon contact avec la pièce A pendant qu'elle est isolée de la base au moyen d'une rouelle de caoutchouc durci.

La colonne qui supporte le plomb D, et qui est isoleé aussi de la base, se trouve en communication avec la colonne *a* au dessous de la base moyennent un fil de cuivre. Si donc par une attraction momentanée l'arrêt A s'échappe du dent du bras L il va en tombant s'appuyer sur le bout en platina de la petite colonne *a* le circuit restera fermé et le timbre sonnera jusqu'à ce que l'arrêt A sera de nouveau élevé et suspendu le pendule de l'horloge.

Pour le deux appareils avertisseurs suffit une seule batterie électrique et une seule sonnerie. La batterie est formée de quatre couples à solution de clorure de zinc renfermée dans une boîte haute seulement de 16 centimètres et dont la base est de 10 centimètres en carré.

Chaque appareil sera accompagné d'une instruction détaillée pour le montage et pour la disposition du circuit.

E. BRASSART

APPAREIL AVERTISSEUR DES TREMBLEMENTS DE TERRE

INVENTÉ PAR M. LE COMTE A. MALVASIA DE BOLOGNE.

Sur une table en bois AB, supportée par trois vis calantes est placée une calotte sphérique G, également en bois; sa hauteur est de $0^m,06$ son diamètre à la base est de $0^m,10$. Sur la surface de la calotte sont pratiquées huit cannelures, qui correspondent (l'instrument étant orienté) à huit points principaux de la rose des vents.

Une couronne circulaire K en bois, formant plan incliné, entoure la calotte. La pente du plan est de 0,019. Dans sa partie la moins élevée elle porte un orifice I. La couronne est à son tour entourée d'un anneau en bois, ayant 0^m,19 de diamètre. Le bord supérieur de l'anneau suit l'inclinaison de la couronne.

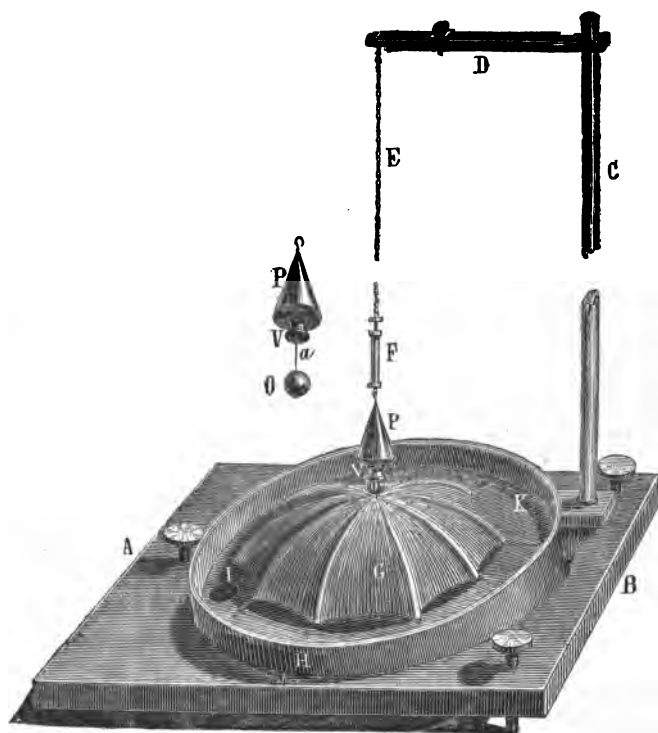



Fig. 18.

Avertisseur sismique Malvasia.

Le sommet de la calotte se termine par une pointe métallique, haute d'environ 0,003, sur laquelle se pose une balle en laiton O, du poids de 22 gr. et percée d'un petit trou d'environ un demi-millimètre, pour rendre l'équilibre sur la pointe

moins instable. Sur cette balle O vient s'appuyer un poids conique P, en laiton, pesant 150 grammes. Il se termine en dessous par une vis V, dont la tête est concave, et de rayon moindre que celui de la balle O, afin que celle-ci se maintienne en équilibre sur la pointe de la calotte seulement par le bord de la vis V, et que sa chute soit plus sensible à chaque mouvement, si petit qu'il soit, que la machine subit. Le poids P est soutenu par une seconde vis F, qui sert pour ainsi dire de réglage à l'appareil et par une chaînette en fil de laiton, de la grosseur de $0^m,0015$, et qui se compose de 81 anneaux, chacun de la forme d'un 8. Le poids total de la chaînette est de 50 grammes, et sa longueur est d'1 mètre. Cette chaînette est suspendue à un bras à coulisse D, en métal, et soutenu par une colonne C, en laiton fixée à la base AB.

Si l'on veut disposer cet avertisseur pour l'observation, après l'avoir orienté, on commence à le caler par son support AB, puis on allonge ou raccourcit le bras D, jusq'a ce que le prolongement de l'axe de la chaînette et du poids conique coïncide avec la pointe métallique placée sur la calotte. Ensuite sur cette pointe, on pose la balle O, en y appuyant légèrement le poids P, ainsi qu'on le voit dans la figure. Pour que l'appareil soit sensible au moindre mouvement, il est nécessaire que la vis concave V ne presse pointe trop sur la balle O. A cet effet, on tourne la vis F de façon à ce que le poids P n'appuie sur la balle qu'autant qu'il est nécessaire, pour que celle-ci reste équilibrée sur la pointe de la calotte. Sous le trou I l'on dispose un tube vertical, que l'on ne représente pas dans le figure. L'ouverture inférieure du tube est bouchée par la détente d'une arme à feu.

Dans cet état, l'instrument est prêt à donner avis du plus léger mouvement du terrain. La balle O sortant de la concavité de la vis V, suit l'une des cannelures de la calotte, tombe sur la couronne circulaire du plan incliné, passe par le trou I, dans le tube et va heurter la détente; le coup de l'arme à feu avertit à distance du mouvement survenu. Enfin, pour connaître la direction de la première impulsion horizontale du mouvement, la vis V est trouée dans le centre suivant l'axe, de

façon à laisser courir une aiguille en fer *a*, en empêchant sa chute par un étranglement intérieur qui retient la tête de l'aiguille. Aussi longtemps que la balle reste sur la tête de la calotte, l'aiguille est retenue dans la vis V, mais quand la balle tombe, l'aiguille s'échappe. Comme elle est plus longue que le diamètre de la balle, elle demeure dans la cannelure de la calotte par laquelle a roulé la balle.

L'aiguille reste donc dans la rainure opposée à celle qui est en regard du premier mouvement. Par exemple, si la première oscillation du sol vient du nord, la balle et l'aiguille vont dans la cannelure dirigée vers le sud. M. le comte Malvasia a encore utilisé la chute de la balle pour arrêter le mouvement d'une pendule, ce qui donne l'instant pour ainsi dire de la secousse.

La grande sensibilité de cet avertisseur, sa simplicité de construction, sa précision pour marquer les plus petites secousses, le rendent très-précieux pour les observations des tremblements de terre, nous ne pouvons donc que conseiller son emploi. (*La Nature*, 19 Décembre 1874).

N. B. Après cette publication faite dans *La Nature*, M. le Comte Malvasia a modifié son avertisseur sismique. Il a substitué à la petite chaîne qui soutient le pendule une tige rigide en verre, sur laquelle à petite distance du point de suspension il a placé une sphère très lourde. De cette manière le pendule principal de l'instrument est un pendule très court et par conséquent capable de bouger pour les vibrations de grande vitesse.

Les appareils que nous avons décrits jusqu'ici, forment une série presque complète des échantillons des instruments sismographiques des différentes classes établies dans les instructions. Ces appareils étaient déjà publiés presque tous dans les années passées de ce *Bullettino del Vulcanismo italiano*; quelques-uns dans la *Meteorologia endogena.* Par conséquent ils étaient déjà publiés en italien. M. S. d. R.

Dorénavant notre publication doit réprendre sa langue naturelle pour publier les instruments dont nous n'avons jamais parlé. Ainsi nous allons commencer la nouvelle section de ce Bulletin que nous avons annoncée, c'est-à-dire la section appelée *Descrizione degli apparecchi per le osservazioni geodinamiche.*

Avvisatore sismico a sfera del P. F. Cecchi Dir. dell'Oss. Ximeniano di Firenze.

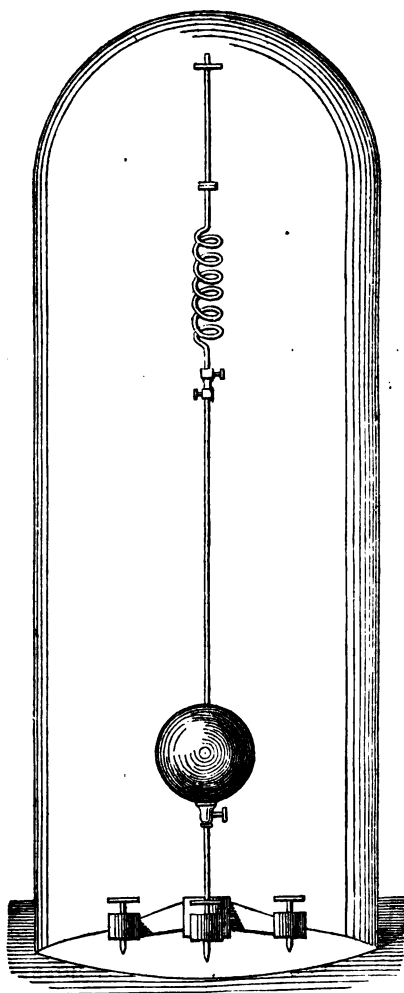



Fig. 19.
Avvisatore sismico a sfera del P. Cecchi

Questo apparecchio appartiene alla classe degli Avvisatori sismici (1); e consiste in una pesante sfera metallica traversata da una sottile verga di acciaio, che di sotto la sostiene a piccola distanza dal piede dell'istrumento, e di sopra si eleva ad una certa altezza trasformandosi poi in un tratto a spirale. La spirale termina in un piccolo disco orizzontale, sul quale viene posata verticalmente un'asticella sormontata da un peso a viera.

Questa viera-peso può esser collocata più o meno in alto della detta asticella per regolarne la maggiore o minore facilità di perder l'equilibrio. Ne risulta che le vibrazioni sismiche comunicate alla palla si moltiplicano nella lunga verga e poscia nella spirale, tanto da dare all'asticella superiore commozioni visibili e nei massimi cagionarne la caduta. Tale caduta può provocare molte maniere diverse di registrazione e sopra ogni altra l'arresto o il primo movimento di un orologio. Questo avvisatore al pregio della sensibilità congiunge quello della somma semplicità ed economia di costo, ed anche la facilità dell'essere smontato e rimontato, onde si presta ad essere istrumento ottimo per escursioni ed osservazioni temporanee.

Encomiando la suddetta invenzione del Cecchi per averla già esperimentata per parecchi mesi, noterò come la detta esperienza mi abbia già mostrato il nuovo apparecchio essere acconcio anche a rivelare lo stato vibratorio del suolo nei periodi nei quali il movimento sismico si manifesta in una serie di piccoli tremiti, che sono una forma di agitazione diversa dai moti microsismici propriamente detti e diversa ancora dalle vere scosse anche piccole di terremoto. E poichè una delle esigenze del nuovo ordinamento degli studi sismologici odierni è il trovar modo negli istrumenti di ottenere non solo la rivelazione dell'esistenza dei fenomeni, ma eziandio dati riducibili a cifre numeriche, mi è sembrato che sarebbe stato importante l'ottenere questi dati numerici dall'istrumento del Cecchi, che, come si è detto, mostrasi tanto opportuno ad un ordine speciale di ricerche. Ma qui

(1) V. Atti della P. A. de' N. Lincei, A. XXXVI sess. III.

ricorderò come il problema della numerazione degli impulsi sismici sia stato già assai bene quasi del tutto risoluto dal prof. D. Ignazio Galli di Velletri, e come del metodo usato dal Galli si sia già lodevolmente parlato nel Congresso meteorologico di Napoli nel passato autunno.

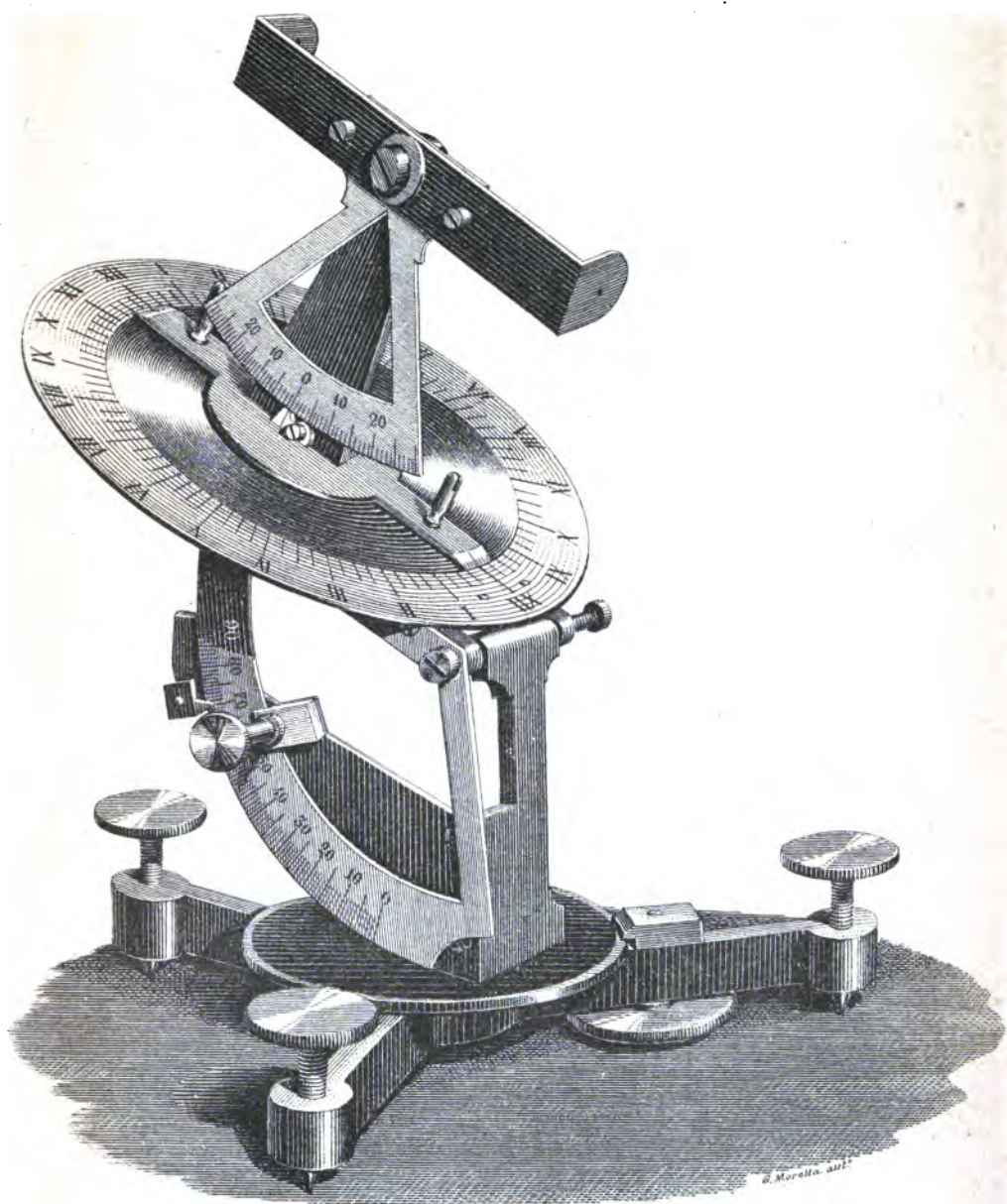
Ma tornando all'istrumento del Cecchi, debbo riferire come mi sia riuscito di applicare la trasmissione elettrica ad ogni vibrazione non minima dell'istrumento. In luogo poi di far servire l'elettricità ad una qualunque registrazione grafica, io l'ho usata a far agire un *podometro*. Questo istrumento ora conosciutissimo ed assai generalizzato nel commercio è un ottimo contatore meccanico che al solo guardare nel suo quadrante la posizione delle sfere, indica il numero degli immpulsi ricevuti, ossia il numero delle vibrazioni sismiche maggiori rivelate dall'Avvisatore Cecchi.

M. S. de Rossi

ELIOTERIO

DEL P. GIOV. EGIDI D. C. D. G.

Scopo dello strumento. — La macchinetta rappresentata nella figura è un orologio solare di quelli che si montano equatorialmente e fu costruita dai fratelli Brassart meccanici in Roma.

La specialità di questo consiste in ciò, che non vi è bussola per orientarlo, nè fa bisogno di aver prima trovato la posizione del meridiano per collocarlo: ma si colloca in modo che approssimativamente sia orientato, lo che è facile, sapendo ognuno da qual parte nasce il sole e dove tramonta. Così collocato l'istrumento si trova la posizione esatta per mezzo dello

ELIOTERIO DEL P. GIOVANNI EGIDI S.I.

(Costrutto dai F.lli Brassart — Roma)

Lit. Rella

stesso raggio solare. Per intendere come ciò sia, ecco le parti onde è composta la macchinetta.

Descrizione dell'istrumento. — Sopra il trepiede sorretto da tre viti di livello, posa un piano circolare, che è diviso nelle 24 ore e fa le veci di equatore. L'equatore è mobile intorno ad un asse orizzontale perchè possa inclinarsi secondo che richiede la latitudine del luogo; e porta sotto un circolo graduato per misurarne l'inclinazione. Questo circolo evidentemente corrisponde al meridiano della sfera. Fin qui tutto è comune cogli altri orologi portatili equatoriali. Questi di più hanno un'asticella nel centro dell'equatore che rappresenta l'asse della terra, e l'ombra della quale segna l'ora. Nell'elioterio invece è soppresso quest'asse, e sostituito un arco graduato di cerchio perpendicolare all'equatore, che fa le veci di circolo di declinazione. Questo circolo porta un'alidada con due forellini, la linea dei quali è parallela all'equatore quando il circolo di declinazione è posto allo zero della graduazione.

A questo modo l'istrumento è insieme un altazimut ed un equatoriale. Ciò posto è facile intendere come possa il raggio solare medesimo servire per orientarlo.

Modo di usare l'elioterio. — Supponiamo l'istrumento ben livellato, l'equatore inclinato secondo la latitudine geografica dell'osservatore, e il circolo di declinazione posto secondo che richiede la declinazione che ha il sole nel giorno, che si colloca l'istrumento; e l'istrumento stesso collocato in modo che la linea delle XII sia volta approssimativamente al mezzogiorno. Se il circolo meridiano dell'istrumento coincidesse col meridiano del luogo, e conseguentemente il circolo che fa da equatore fosse parallelo all'equatore terrestre, la linea dei forellini descriverebbe col suo moto intorno all'asse equatoriale il parallelo stesso che in tal giorno descrive il sole; e perciò girando l'alidada finchè il sole si trovi nel piano del circolo di declinazione, verrebbe il raggio [solare a passare insieme pei due forellini, e la posizione del circolo di declinazione noterebbe sull'equatore l'ora precisa di tempo vero al momento dell'osservazione.

Ma ciò non accadrà ordinariamente; perchè l'istrumento non sará collocato esattamente; e perciò non è possibile che il raggio solare passi insieme pei due forellini, cioè coincida colla linea che gli unisce.

Per orientare adunque esattamente l'orologio, che si trova già approssimativamente orientato, si usa il raggio stesso del sole in questo modo. Portato il sole nel circolo di declinazione, se il sole è sopra la linea dei fori, si gira l'orizzonte e con esso tutto l'istrumento in modo che il meridiano dell'istrumento si accosti al sole, finchè il raggio sia sulla linea dei forellini: se poi il sole sta sotto la linea dei fori si gira l'orizzonte al contrario, in modo da discostare il meridiano dal sole, riportando sempre verso il sole l'alidada coi traguardi. Così in uno o due minuti si trova esattamente la posizione dell'istrumento e l'ora del tempo vero.

Da tutto quello che ho detto s'intenderà perchè abbia dato a questo orologio il nome di Eliòterio (ηλιο θηρεω) perchè è costruito per andare in traccia del parallelo solare e seguirlo.

È ora a dire qualche parola di ciò che si richiede alla esatta costruzione e verifica dell'istrumento.

1.º Posto l'equatore come se la latitudine del luogo fosse di 90°, livellato l'orizzonte deve essere livellato anche l'equatore.

2.º La linea intorno alla quale si muove l'equatore per collocarlo secondo la latitudine deve essere orizzontale quando è livellato l'istrumento e perpendicolare alla linea delle XII ore dell'equatore. Il difetto inevitabile di costruzione in queste due cose non porta che un leggerissimo errore nell'inclinazione dell'equatore, e perciò poco influisce sull'esattezza dell'ora.

3.º Quando il circolo di declinazione è posto allo zero della sua graduazione, la linea dei due forellini deve essere parallela al piano dell'equatore. Si può conoscere subito l'errore e correggerlo facendo passare per quella linea il raggio solare verso il mezzodì, e poi girando di 180° l'alidada e facendo di nuovo passare per la linea dei fori il raggio solare. Se in ambedue i casi il circolo di declinazione è spostato dallo zero di egual numero di gradi, non v'è errore: altrimenti la semi-differenza dei gradi notati dall'indice nelle due posizioni

dà l'errore. Questo errore può influire sull'esattezza dell'ora osservata di qualche minuto.

4.° Quando la linea dei forellini è parallela all'equatore, e l'alidada segna le XII, la linea stessa deve essere parallela al meridiano cioè alla linea delle XII. Se non fosse si avrebbe un errore costante in più o meno per qualunque latitudine e in tutte le ore per tutto l'anno. Onde è che la posizione di questa linea si può chiamare veramente *il registro* dell'orologio. L'errore di costruzione in questa parte non si può conoscere altrimenti che facendo passare un filo pei due forellini, ponendo l'alidada alle XII e vedendo se traguardato il filo e la linea delle XII coincidono o no: e facendole coincidere coi movimenti che si possono dare alle parti dell'istrumento allentando le viti.

Da ultimo osserverò che se all'istrumento si unisca un cannocchiale col reticolo diviene un vero pantografo, per qualunque operazione di geodesia.

P. G. Egidi

Annotazione. —La descrizione data qui sopra dell'Elioterio, sembra a prima vista non avere relazione cogli istrumenti per le osservazioni geodinamiche. Ma a pag. 68 abbiamo veduto di quanta importanza sia per le analisi dei terremoti il poterne constatare l'ora esatta. Ad ottener ciò abbiamo anche veduto come sia più opportuno, allorchè viene segnalata una scossa da un avvisatore, che questo metta in movimento un orologio fermo colle sfere sulle 12 ore. E quando avviene di trovar l'orologio in movimento, sarà facile poter ritrovare l'ora precisa della scossa, calcolando da quanto tempo l'orologio è in movimento e per il confronto dell'ora valendosi di quella data da una stazione telegrafica o ferroviaria. Però non da per tutto può facilmente aversi l'ora esatta: anzi in moltissimi luoghi massime lontani dalle linee ferroviarie, o sulle montagne, o distanti dai centri popolosi, è difficilissimo poter con quella precisione che è necessaria aver l'ora sicura della avvenuta scossa. Ora per mezzo di questo semplice istrumento portatile,

immaginato e fatto eseguire con ogni accuratezza dal ch. P. Giovanni Egidi, si può come abbiamo veduto nella descrizione dell'apparecchio, rilevare in tempo brevissimo e colla massima sicurezza di precisione l'ora del tempo vero, per valersene nel confronto coll'orologio dell'Avvisatore sismico quando questo abbia segnalato una scossa. Essendo poi questo orologio solare commodo ad essere trasportato dovunque per le sue piccole dimensioni ed essendo in pari tempo di grande precisione e di facile maneggio, abbiamo perciò creduto opportuno indicarlo tra gli istrumenti per le osservazioni geodinamiche, perchè per mezzo di esso può essere segnalato da qualunque luogo, anche lungi dai centri abitati, il dato dell'ora di una scossa, elemento importantissimo ad essere constatato con ogni esattezza.

F. G.